

**PROSPECTIVA TECNOLÓGICA:  
UNA INTRODUCCIÓN A SU  
METODOLOGÍA Y A SU APLICACIÓN  
EN DISTINTOS PAÍSES**

**J.A. MARTÍN PEREDA**  
de la Academia de Ingeniería

## **PRESENTACIÓN**

Uno de los temas que mayor atención está recibiendo en los últimos años es el de tratar de asentar las políticas científicas y tecnológicas sobre unas bases lo más seguras posibles, de forma que las decisiones tomadas en un momento puedan tener resultados positivos en un mañana más o menos lejano. Las características de nuestra sociedad, en la que la Tecnología ha tomado un papel muy relevante sobre la situación socioeconómica de un país, hacen que cualquier movimiento que se lleve a cabo en ese terreno afecte de forma significativa sobre lo que, al cabo de un tiempo, puedan ser las industrias, las empresas o, incluso, la calidad de vida de dicha sociedad.

Por eso, y desde hace ya más de una década, los principales estados tienen entre sus estructuras de apoyo una cuya función es la de analizar cuál puede ser la evolución de las tecnologías clave para su desarrollo y qué variables pueden incidir sobre la misma. Y, al mismo tiempo que analizan esas tecnologías, intentan también determinar cómo podrían afectar a la sociedad en la que se desarrollen y cuáles pueden ser los factores que las impulsen en un sentido o en otro.

Esa función es la que desempeñan agencias u organismos entre cuyos apelativos se encuentra la palabra "Prospectiva". Prospectiva que puede contemplarse desde un plano global, estudiando el colectivo de tecnologías y sus impactos, o bien desde un nivel sectorial, analizando tan solo un entorno limitado o un pequeño segmento de la sociedad. Pero en ambos casos, los resultados obtenidos sirven de base para la configuración de una determinada acción en un cierto momento.

Como es evidente, el resultado de estos análisis nunca será algo que deba tomarse como una verdad que necesariamente va a ser cumplida. Serán solo posibles previsiones o escenarios que podrán variar según vayan cambiando algunas de las múltiples variables que estarán siempre presentes en el desarrollo de cualquier política. Y es posible que las predicciones que se hagan para dentro de veinte años tengan que ser cambiadas al cabo de tan solo uno. Pero como es lógico, en cualquier caso, es preferible tener una cierta previsión sobre cómo puede evolucionar el futuro que no hacer ningún tipo de previsión sobre él. Esa es la función de la Prospectiva.

En las páginas que seguirán se tratará de ofrecer una panorámica de qué es lo que se entiende por Prospectiva, de cuáles son algunas de las herramientas que emplea y qué se está haciendo en otros países en este campo. No se intentará presentar una visión en profundidad de la misma, sino tan solo mostrar qué es y de qué trata. Por ello, las lagunas que cualquiera que haya estudiado algo de Prospectiva notará enseguida, no deben ser tomadas como olvido, sino solamente como el deseo de presentar primero lo que puede ser más significativo y, quizás en sucesivas ocasiones, profundizar más en cada uno de los aspectos aquí recogidos.

La Prospectiva tiene, en nuestro país, un largo camino todavía que recorrer. Todos los que hemos intentado hacer algo en este terreno hemos sido autodidactas que hemos ido improvisando lo que el sentido común nos decía. En cambio, en otros países, la Prospectiva tiene ya un cuerpo de doctrina, con verdaderos profesionales dedicados a ella y, lo que es más importante, una verdadera tradición. Es de esperar que pronto la tengamos también aquí.

Quiero, como palabras finales de esta Introducción, dar las gracias, y sobre todo mi reconocimiento, a las personas del Gabinete de Prospectiva de la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva, ANEP, de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología, CICYT, que tanto han trabajado en estos dos últimos años para intentar recopilar datos, establecer criterios y escribir la primera serie de documentos analíticos que sobre este tema se han generado en la Administración española. En particular, deseo mencionar expresamente a Beatriz Presmanes y a los profesores Luis Castañer y Luis Vázquez, sin cuyo trabajo previo, gran parte de las páginas que siguen no habrían visto la luz. Y finalmente, agradecer a Angeles Carmona la ayuda que me ha prestado con su corrección del texto y por poner las comas y los acentos donde es debido.

<b>CAPÍTULO I: PROSPECTIVA TECNOLÓGICA.....</b>	<b>5</b>
1.1.- Introducción.....	5
1.2.- ¿Qué es la Prospectiva?.....	6
1.3.- ¿Por qué realizar Prospectiva Tecnológica?.....	8
1.4.- ¿Qué no es la Prospectiva?.....	9
1.5.- Métodos generales de realizar Prospectiva Tecnológica .....	10
1.5.1.- Extrapolación.....	10
1.5.2.- Uso de indicadores correlacionados .....	11
1.5.3.- Empleo de modelos causales .....	11
1.5.4.- Métodos probabilísticos .....	12
1.5.5.- Métodos interactivos .....	12
1.6.- Errores posibles en la realización de Prospectiva Tecnológica .....	13
1.6.1.- Factores personales .....	13
1.6.2.- Factores relacionados con el medio .....	15
<b>CAPÍTULO II.- HERRAMIENTAS Y BASE PARA INICIAR PROSPECTIVA TECNOLÓGICA .....</b>	<b>19</b>
2.1.- Introducción.....	19
2.2.- Indicadores bibliométricos .....	19
2.3.- Análisis de patentes .....	24
2.4.- Condiciones de contorno para la Prospectiva Tecnológica .....	24
<b>CAPÍTULO III.- PROSPECTIVA TECNOLÓGICA BASADA EN EL EMPLEO DE EXPERTOS .....</b>	<b>27</b>
3.1.- Introducción.....	27
3.2.- PT mediante paneles de discusión .....	27
3.3.- Prospectiva Tecnológica mediante el método DELPHI.....	29
<b>CAPÍTULO IV.- ANÁLISIS COMPARATIVO DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA REALIZADA EN DIFERENTES PAÍSES.....</b>	<b>33</b>
4.1.- Introducción.....	33
4.2.- Japón.....	33
4.3.- Reino Unido.....	36
4.4.- Estados Unidos .....	38
4.5.- Holanda.....	39
4.6.- Alemania.....	41
4.7.- Australia.....	42
4.8.- Francia .....	43
4.9.- Unión Europea.....	44
4.10.- Comparación de los temas analizados por diferentes países.....	45
<b>CAPÍTULO V.- ALGUNOS DATOS SOBRE PROSPECTIVA EN ESPAÑA.....</b>	<b>47</b>
5.1.- Introducción.....	47
5.2.- Primeros trabajos de Prospectiva .....	47
5.3.- Actividades en Prospectiva desde 1994 .....	50
<b>APÉNDICE I: NOTAS SOBRE UNA PROSPECTIVA TECNOLÓGICA BASADA EN LA TEORÍA DE LA COMPLEJIDAD.....</b>	<b>53</b>



# CAPÍTULO I: PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

## 1.1.- INTRODUCCIÓN

Intentar tener idea de cómo puede ser el futuro ha sido siempre uno de los sueños del hombre. Desde los sacrificios rituales y el análisis de vísceras en las sociedades más primitivas, hasta su forma institucionalizada en la civilización helénica, representada por el oráculo de Delfos, todas las instituciones sociales han intentado ver qué puede ocurrir en los próximos años para tratar de adaptarse a ellos de la mejor forma posible. Horóscopos y tarots siguen estando presentes en todos los medios de comunicación y pronósticos, más o menos atinados, de cuál va a ser la evolución de la Bolsa o el mercado de trabajo, aparecen de forma recurrente en diarios y revistas de información general. Con mayor o menor fe, los lectores u oyentes de cualquiera de estas informaciones siguen asiduamente lo que se escribe o comenta y también, con mayor o menor convicción, adaptan su comportamiento a lo que se les indica.

Todo el mundo sabe además que algunas cosas de lo que se les indica es solo un mero pasatiempo y que, en cambio, otras responden a un estudio un tanto riguroso basado en datos reales y contrastados. En este último entorno se encuentran los análisis mencionados anteriormente de la evolución económica de los mercados económicos y, también, otros estudios menos difundidos en los medios de comunicación general que son los de las tendencias tecnológicas para los próximos años y cómo estas tendencias pueden repercutir sobre la sociedad que las soporta y en las que pueden basar su futuro desarrollo.

Y aquí parece oportuno hacer una primera diferenciación entre los estudios que ofrecen escenarios posibles para, por ejemplo, lo que va a ocurrir durante el año inmediato al que se hace el pronóstico y aquellos otros que implican el escenario de un horizonte más lejano, a dos o tres lustros del momento presente. Es en este caso donde entra en escena el concepto de Prospectiva y aquí es, al mismo tiempo, donde las posibilidades de acertar o equivocarse corren parejos caminos. No porque los métodos empleados puedan ser comparables a los utilizados por Casandra, sino porque el número de factores y variables presentes es tan amplio que las posibilidades de que sean correctamente usados y considerados constituye un problema, por el momento, de solución muy compleja. A pesar de ello, la importancia de tener una base, aunque no absolutamente segura, sobre la que intentar asentar el futuro constituye uno de los temas de interés preferente en el que todos los países desarrollados están de acuerdo. El presentar algunas de las técnicas que se emplean en Prospectiva y cuáles son los resultados que pueden extraerse de ellas será el objeto de las próximas páginas.

## 1.2.- ¿QUÉ ES LA PROSPECTIVA?

Como se ha comentado antes, la Prospectiva podría considerarse como una forma razonada, y asentada sobre bases lo más sólidas posibles, de tener un cierto conocimiento de cómo y cuál puede ser el futuro. El DRAE<sup>1</sup> indica que Prospectiva es *"El conjunto de análisis y estudios realizados con el fin de explorar o predecir el futuro, en una determinada materia"*. Como se desprende de esta definición, la Prospectiva no debe realizarse desde un punto de vista global, sino que es mucho más prudente centrarse únicamente en un determinado terreno. El terreno en el que aquí vamos a centrarnos es el tecnológico.

Y continuando con el apoyo que nos puede proporcionar el DRAE, parece procedente también fijar cuáles son los límites de la Tecnología o, mejor aún, qué debemos entender por Tecnología y sobre ese concepto intentar construir el edificio de la Prospectiva Tecnológica. Las definiciones que allí aparecen son las siguientes: *"Conjunto de los conocimientos propios de un oficio mecánico o arte industrial"*. ½ 2. *Tratado de los términos técnicos.* ½ 3. *Lenguaje propio de una ciencia o arte.* ½ 4. *Conjunto de los instrumentos y procedimientos industriales de un determinado sector o producto"*.

Resulta evidente que la única que aquí nos puede ser válida es la última. Y a pesar de ello, no creemos responde al concepto que, en realidad, tenemos hoy en nuestra sociedad, de lo que es y representa la Tecnología. Quizás es más adecuada a nuestro actual propósito la definición que ofrece "The American Heritage Dictionary of the English Language" y que, convenientemente traducida, dice lo siguiente: *"Conjunto de métodos y materiales empleados para obtener unos determinados objetivos industriales o comerciales"*. Como comenta J.P. Martino<sup>2</sup>, esta definición es la más concordante con la situación actual, dado que están incluidos en ella tanto los bienes como los servicios que se desean obtener. No queda reducida así tan solo a los instrumentos o a las técnicas, sino que también se tiene en cuenta a los intangibles y al cómo se hacen las cosas o los productos; esto es, al *"saber hacer"*.

Si aunamos las dos anteriores definiciones llegamos así a lo que podría ser la definición de Prospectiva Tecnológica. Sería el: *"Conjunto de análisis y estudios realizados con el fin de explorar o predecir el futuro mediante el empleo de determinados métodos y herramientas que permitan la consecución de unos ciertos objetivos industriales o comerciales"*.

Como resulta evidente, paralela a esta clase de Prospectiva puede haber otra, que podría designarse como "Científica", que estaría relacionada con aquellos nuevos descubrimientos, invenciones o desarrollos relacionados directamente con la Ciencia y que, en contraposición con la anterior, no tendría nada que ver con las aplicaciones inmediatas, tanto en el campo industrial como en cualquier otro segmento de la

---

<sup>1</sup> DRAE: Diccionario de la Real Academia Española.

<sup>2</sup> J.P. Martino, "Technological Forecasting for Decision Making". McGraw-Hill, Inc. New York. 1993.

sociedad. En la mayor parte de las ocasiones, este tipo de Prospectiva no es, como veremos más adelante, objeto de estudios metodológicos del mismo carácter que la tecnológica. Los avances en Ciencia poseen unas características muy diferentes de las existentes en Tecnología. Así como en el caso de esta última sus avances tienen como objetivo, por lo general, el satisfacer unas necesidades demandadas por la sociedad, los avances en Ciencia son fruto de una serie de factores mucho más sutiles, como pueden ser las intuiciones de un determinado grupo de personas o los razonamientos casi abstractos realizados por otras. Y estos factores son todavía mucho más difíciles de prever que los tecnológicos. Por ello, aunque el avance de la Tecnología está íntimamente ligado al de la Ciencia, la Prospectiva Tecnológica no tiene apenas en cuenta a la Científica. Si se plantean, como veremos más adelante, una serie de desarrollos que se prevé tengan lugar en un determinado intervalo de tiempo, en la mayor parte de los casos se toma como punto de partida la situación de la Ciencia en el momento actual y, a lo sumo, se hace una somera interpretación de cómo seguirá avanzando en los años venideros. En algunos casos, la previsión para el futuro puede anticipar alguna demanda de tipo científico que debería alcanzarse para lograr la meta propuesta. Pero la Prospectiva Tecnológica no hace, en la mayoría de las ocasiones, previsiones de cómo serán esos avances científicos ni cómo podrán conseguirse. Solo indicará que deberían alcanzarse.

Podíamos así, volviendo al terreno de la Prospectiva Tecnológica, indicar una serie de conceptos que marcan lo que debe ser y cuál es su objetivo final. La Prospectiva Tecnológica, PT a partir de ahora, debe entenderse como un proceso de estudio que ha de ayudar a comprender mejor cuáles son las fuerzas que pueden modelar el futuro a largo plazo. Estas fuerzas son esenciales para tomar decisiones en temas como la planificación y la articulación de los sistemas de Ciencia y Tecnología, tanto a niveles superiores, como pueden ser los estatales o los regionales, como a niveles inferiores; esto es, dentro de empresas de un tamaño significativo o en sectores de carácter estratégico. Este planteamiento implica, de hecho, una cierta función activa sobre la determinación del futuro, ya que éste puede ser modulado en cierta forma a través de actuaciones realizadas en un instante de tiempo anterior. A modo de ejemplo, y aunque sobre casos equivalentes volveremos más adelante, un estudio sobre la posible factoría del siglo próximo puede repercutir en las medidas que se tomen para ir adaptando métodos de trabajo a lo que puede ser ese futuro. Si los avances tecnológicos se producen sin haber tomado medidas sobre sus consecuencias, la adopción de éstas en el momento en el que la tecnología está ya presente puede conducir a la imposibilidad de llevarlas a cabo de forma efectiva.

Hay que señalar, por otra parte, que la PT no debe proponer una única solución o un único escenario futuro. En una PT realista deben estar presentes varias posibles soluciones e irse modificando, hasta quizás quedar reducida a una única, según vaya avanzando el tiempo. En algunos casos, algunos de estos escenarios posibles pueden no ser una opción deseable y, consecuentemente, tomarse todas las medidas posibles para que no llegue a ser una realidad en el futuro.



Finalmente, y en línea con lo anterior, la PT debe estar animada de una cierta capacidad de cambio casi en tiempo real. Ninguna predicción hecha hoy para un mañana más o menos lejano ha de considerarse como algo estático. Toda PT ha de poseer elementos que pueden irse modificando según vayan cambiando las condiciones de contorno que se tengan en cada momento. La PT es así un proceso continuo, que no debe detenerse una vez iniciado. Los resultados de hoy son sólo los parámetros que deberán contrastarse con los que se obtengan mañana, y de esta comparación obtener consecuencias para modificar o no las previsiones para el futuro.

### **1.3.- ¿POR QUÉ REALIZAR PROSPECTIVA TECNOLÓGICA?**

Resultaría bastante poco justificado el realizar una pregunta como la anterior referida a la realización de cualquier tipo de previsión ante situaciones posibles en un futuro inmediato. Prever es intentar situarse en una posición adecuada ante posibles hechos que puedan acaecer próximamente. De igual forma que los estrategas militares intentan estudiar todos los posibles movimientos del enemigo antes de desplegar sus fuerzas, o los jugadores de ajedrez meditan concienzudamente sus jugadas ante las diversas variantes que pueden adoptar sus contrincantes, el establecer cómo puede evolucionar una tecnología o cómo va a repercutir en las ventas futuras es algo consustancial con cualquier política que se pretenda hacer.

De una forma general podría resumirse en los siguientes puntos el porqué realizar PT:

- i.- Maximizar las ganancias a partir de factores externos.
- ii.- Maximizar las ganancias a partir de las decisiones tomadas de antemano.
- iii.- Minimizar las pérdidas asociadas con sucesos externos incontrolados.
- iv.- Reducir los efectos de competidores externos.
- v.- Predecir demandas con fines productivos.
- vi.- Predecir demandas para el desarrollo interno.
- vii.- Predecir demandas para asegurar los medios necesarios para satisfacerla.
- viii.- Desarrollar planes de organización.

Es evidente que la mayor parte de estos apartados pueden ser aplicados tanto desde un punto de vista que podríamos denominar “macro” como desde otro “micro”. Cualquiera de ellos admite un planteamiento de carácter muy particular, como pueden ser los intereses de una gran compañía, u otro mucho más amplio, como podrían ser los de una cierta región geográfica o, incluso, de un conjunto supranacional. Los competidores externos, por ejemplo, a que se alude en uno de ellos, pueden ser compañías rivales, dentro de un mismo mercado, o naciones que desarrollan un mismo tipo de producto o servicio. Como es lógico, las bases para el planteamiento del trabajo de PT serán muy diferentes en un caso y en otro. Más adelante volveremos sobre este tema, pero a pesar

de ello parece necesario indicar aquí que el planteamiento que se pretende en estas páginas es más el de carácter general que el particular.

Por otra parte, la PT juega un papel significativo en la toma de decisiones. Entre los papeles que desempeña, pueden, a su vez, señalarse los siguientes:

- i.- Identifica los límites que no pueden ser sobrepasados.
- ii.- Establece una velocidad de progreso adecuada, impidiendo que se demanden velocidades imposibles de conseguir.
- iii.- Describe alternativas a tomar.
- iv.- Indica posibilidades que podrían conseguirse si se desearan.
- v.- Proporciona un marco de referencia para el desarrollo deseado. Las desviaciones pueden ajustarse en tiempo real según se va progresando.
- vi.- Proporciona señales de aviso que alertan sobre la toma o no de decisiones previstas.

#### **1.4.- ¿QUÉ NO ES LA PROSPECTIVA?**

Aunque de forma reiterada se ha hecho mención anteriormente a la palabra predecir, PT no es en realidad una estimación o una predicción, con carácter global, del futuro. Dicho de otra manera, con la PT no se trata de pronosticar cuáles van a ser los caminos que seguirán en los próximos años unas determinadas tecnologías o cuáles van a ser sus aplicaciones. Aunque genéricamente ese intento sí podría incluirse dentro de un cierto objetivo último, la predicción en términos absolutos, guiada con el único fin de establecer el marco en el que se moverá la sociedad o alguna de sus partes en el futuro, constituye una manera muy simplificada de entender la PT.

La razón de lo anterior se debe al hecho de que, en la mayor parte de los casos, cuando se realiza este tipo de predicción, el que la hace la plantea basándose en una serie de razonamientos que, en la mayoría de los casos, son los que mejor se ajustan a sus deseos. Este planteamiento sería el de intentar predecir el futuro estableciendo una visión deseable de lo que se quisiera fuese. En muchos casos esta visión puede quedar muy alejada de la realidad y la subjetividad pasa a ocupar el puesto que debe llenar únicamente una objetividad bien entendida.

En paralelo con lo anterior, también pueden establecerse otra serie de planteamientos que serían algo así como los caminos que se siguen cuando no se realiza PT. Entre ellas, las más comunes son las siguientes:

- i.- No hacerla y enfrentarse ciegamente al mañana.
- ii.- Pensar que, en el tiempo venidero, puede pasar cualquier cosa y, consecuentemente, es inútil hacer previsiones.

- iii.- Mantener la línea adoptada en el pasado y seguir discuriendo por ella con independencia de las condiciones que existan en cada momento, hasta que una fuerza mayor obligue a modificarla.
- iv.- Pensar que la tecnología avanza de una forma lineal y con esta ley determinar su estado en los próximos años.
- v.- Esperar a que surja una determinada crisis para, en ese momento, efectuar los cambios que se estimen procedentes.
- vi.- Esperar la llegada de una idea genial que altere el camino seguido hasta entonces y pueda revitalizar o incrementar la marcha seguida hasta el momento.

Como puede apreciarse, aunque a veces los grupos o las sociedades se comporten de acuerdo con ideas como las anteriores, no puede decirse que éstas sean la forma más racional de encararse con el mañana.

## **1.5.- MÉTODOS GENERALES DE REALIZAR PROSPECTIVA TECNOLÓGICA**

Con el fin de tener una idea inicial de cuáles son las herramientas o los métodos de los que se vale la PT para realizar su trabajo, y aunque en capítulos posteriores los veamos con un cierto mayor detalle, vamos a plantear aquí cuáles son las técnicas más comunes empleadas. En realidad, son herramientas ya conocidas de otros campos y, por ello, su pormenorización resulta, en la mayor parte de los casos, innecesaria. Por ello únicamente se indicará aquí cuál es el uso que debe hacerse de ellas así como sus posibles limitaciones.

### **1.5.1.- Extrapolación**

Este método lleva consigo una visión determinista del comportamiento de la PT y, debido a ello, derivado del concepto que de la Física se tenía hasta la aceptación de la Teoría de la Complejidad y del estudio de los sistemas no lineales con comportamientos complejos. Su base es, simplemente, el intento de extender al futuro pautas de comportamiento observadas hasta el momento presente. Igual que en la Física determinista, aquí se supone que, conocidos todos los datos del ayer, así como las condiciones de contorno del hoy, puede con todo ello confeccionarse un modelo posiblemente válido para conocer el comportamiento del tema bajo estudio en los próximos años. Es, en pocas palabras, la técnica de extrapolación matemática por la que, conocidos una serie de puntos, se confecciona a partir de ellos la curva que mejor se ajusta a los mismos, y posteriormente, se obtienen otros puntos fuera ya del margen conocido.

Si la sociedad, sus grupos y sus componentes se comportasen de acuerdo con leyes establecidas y determinadas, esta herramienta podría ser aplicada de forma directa. Pero una simple ojeada a la Historia muestra que la realidad es muy otra.

### **1.5.2.- Uso de indicadores correlacionados**

Hay muchos casos en los cuales surgen variables que, por unas circunstancias o por otras, se mantienen ligadas durante un determinado tiempo. Así, por ejemplo, el empleo de energía eléctrica en las industrias es, en ocasiones, un buen indicador de cuál es su actividad fabril e, incluso, de cuál es su situación económica. Este hecho de correlacionar fenómenos o situaciones constituye también otra posible herramienta empleada en la PT.

Conocida la serie temporal de un cierto parámetro, y dando por supuesto que de dicha serie se conoce lo suficiente como para creer conocer cómo va a evolucionar en los próximos años, si este parámetro está ligado con otro que constituya el objeto de nuestra atención, de la relación entre ambos se puede inferir cuál va a ser el comportamiento del nuestro.

Las relaciones entre ambos no serán, en la mayor parte de los casos, lineales. Es seguro que las leyes o los modelos que unen unos con otros, si se conocen aunque solo sea aproximadamente, son de carácter complejo. Los comportamientos no podrán, en consecuencia, relacionarse directamente. Una aproximación a un posible modelo de este tipo será presentado en el Apéndice 1.

### **1.5.3.- Empleo de modelos causales**

Igual que en el caso anterior, hay ocasiones en las cuales se conoce la relación causa-efecto entre un conjunto de variables o parámetros y, a partir de la misma, puede establecerse un determinado modelo matemático. En estas condiciones, del comportamiento conocido de un cierto entorno, y sabiendo cuáles van a ser sus consecuencias sobre otro, puede establecerse una relación de comportamiento. Relaciones como esta son ampliamente conocidas en el campo de la Economía y constituyen parte importante de su análisis. En el campo de la Tecnología, aunque quizás menos estudiadas, forman parte también de un comportamiento muy conocido por los involucrados en este campo.

A modo de ejemplo, podemos plantear el caso del mayor o-menor desarrollo de un determinado tipo de energía y cómo este hecho se relaciona con, por ejemplo, la industria automovilística. Dependiendo de la abundancia o escasez de ciertas fuentes primarias, en este caso el petróleo, se puede pasar al desarrollo de motores basados en energías diferentes y más accesibles. En el caso de Brasil, por ejemplo, dada la

abundancia de otro tipo de recursos energéticos, los motores de los automóviles se modificaron para adaptarlos a ellas. Si las reservas de petróleo hubieran descendido, a nivel mundial, a una situación realmente preocupante, o los suministradores hubieran cerrado sus exportaciones por la razón que fuera, es posible que hoy la industria del automóvil tuviera otro tipo de tecnología. Y es posible que cada entorno geográfico hubiera adaptado su industria a las condiciones energéticas que le hubieran sido más favorables.

#### **1.5.4.- Métodos probabilísticos**

Como se ha dicho anteriormente, una de las características más significativas de una PT correctamente realizada es la de plantear diversas alternativas de evolución ante un único punto de partida. Los métodos probabilísticos implican la asignación de unas ciertas probabilidades a cada una de esas alternativas, de manera que el responsable de tomar la decisión sobre el camino a seguir puede optar por una o por otra en función de dichas probabilidades.

Este camino, de hecho, no es sino plantear diferentes escenarios posibles y determinar cuál tiene más posibilidades de hacerse realidad. La decisión final podrá tomarse luego en función de esa posibilidad, que sería una medida cuantitativa, o de otros factores subjetivos en modo alguno mensurables, pero que pueden ser más aconsejables desde un punto de vista social o político.

#### **1.5.5.- Métodos interactivos**

Como es lógico, ninguno de los métodos anteriores puede constituir por sí solo una única herramienta de trabajo. El conjunto de todos constituye una base de partida que en ningún caso debe ser dejada de tener en consideración.

Pero además de las anteriores existe otra herramienta aparentemente menos objetiva y en ocasiones también difícil de extraer de ella conclusiones de carácter general, de la que en modo alguno puede prescindirse. Es la que se refiere al análisis de la información suministrada por expertos. Esta información puede ser simplemente la dada en opiniones personales, sin discusión previa, o puede ser el resultado de un largo proceso de enfrentamiento de ideas, al principio dispares, pero que, tras una fase de contrastación, llegan a un punto de confluencia común.

La obtención de estas opiniones puede hacerse de muy diferentes maneras. Las dos más extendidas son las realizadas mediante la constitución de un panel de expertos en un determinado tema o mediante la realización de un Delphi. En el primer caso, bien en una única reunión y con la base de un documento inicial generado por algunos de los panelistas, o bien mediante una serie de ellas en las que se van definiendo, paso a paso,

los puntos en los que existe acuerdo, el resultado es un documento que constituye la suma de las opiniones generales del grupo constituido. En el segundo, y también con la opinión de expertos, se llega a un documento análogo a través de un proceso por completo diferente. Aquí, los expertos, en algunos casos, no se conocen entre sí y sus respuestas van siendo transferidas de unos a otros por el agente responsable del Delphi. Mediante esta interacción y tras un análisis estadístico de las respuestas, se obtiene un documento que viene a ser como la síntesis de las opiniones de todos. Ambos métodos, el basado en paneles o en el método Delphi, tienen, como veremos, ventajas e inconvenientes pero, en algunas ocasiones, constituyen la única forma posible de llegar a un resultado globalmente aceptado. En un capítulo posterior analizaremos con mayor detalle estos dos métodos ya que constituyen la base más comúnmente aceptada para la realización de PT.

## **1.6.- ERRORES POSIBLES EN LA REALIZACIÓN DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA**

Como en la mayor parte de los casos en los que son necesarios unos determinados puntos de partida o unas condiciones de contorno para llegar a un resultado, el cómo se hace la elección de estas condiciones o esos puntos iniciales puede repercutir de forma drástica en el resultado final que se obtenga. En ciertos casos puede ser simplemente que no se conocen con la suficiente exactitud cuáles son los valores reales existentes. Pero en otras ocasiones es la utilización de forma incorrecta de los datos de que se dispone lo que hace que el resultado final pueda alejarse del verdadero. Por lo que respecta a los primeros, poco es lo que puede hacerse para subsanarlos. Pero los segundos constituyen realmente uno de los principales problemas con los que tienen que enfrentarse aquellos que deseen llevar a cabo una PT lo más acertada posible.

Los errores más comunes que aparecen son los derivados de dos grandes grupos de factores: los de carácter personal y los relacionados con el medio en el que se encuentra el objeto de estudio, tanto sean de tipo tecnológico como económico o social. Para obtener una idea concreta de cuáles pueden algunos de esos problemas vamos a proceder a una rápida revisión de algunos de los más comunes.

### **1.6.1.- Factores personales**

Resulta evidente que, en toda tarea realizada por personas, siempre estarán presentes las ideas personales o los sentimientos que tengan referidos a la tarea que se va a realizar. En algunos casos esas ideas pueden ser fruto de una larga experiencia en el campo en cuestión y en otros son simples intuiciones que dejan a un lado lo que la razón quizás dicta. En cualquiera de estos casos, el resultado, malo o bueno, no impide que la buena intención del que lo ha hecho quede por encima de toda duda.

Sin embargo hay otras ocasiones en que esto no es así. Por un cúmulo de factores, que aquí vamos a enumerar brevemente, los resultados obtenidos en una cierta PT que se realice puede que no se correspondan con lo que una total objetividad precisaría. Como se ha comentado en anteriores páginas, la PT tiene, en ocasiones, la tarea de determinar cuál puede ser el escenario tecnológico en los próximos años y, en función de ello, adoptar una serie de decisiones. O lo que es lo mismo, los resultados de hoy pueden afectar a lo que pueda pasar mañana. Una objetividad lo más completa que sea posible sería en consecuencia obligada en este tipo de acciones.

Entran aquí, por lo tanto, lo que podríamos denominar "*intereses ocultos*" que, algunas veces guían los estudios de PT que se hagan. Si una cierta compañía o un determinado estado efectúa un estudio de una tecnología en la que su situación actual es, por ejemplo, o muy buena o muy mala, puede surgir la tentación de encauzar las preguntas o los estudios que se hagan de modo que el resultado tenga la orientación más conveniente para los intereses de esa compañía o ese estado. Y si esa compañía o ese estado poseen un cierto peso en el contexto mundial, sus conclusiones pueden ser tomadas como pauta de actuación por los demás. De igual manera, si los resultados ofrecen consecuencias que no están en concordancia con los intereses existentes, esos resultados pueden ser convenientemente modificados para adaptarlos a las conveniencias actuales. Asimismo, el resultado del estudio puede estar enmascarado por el énfasis dado a una cierta tecnología, dejando a un lado los posibles cambios que pueda tener en futuro u otras alternativas que puedan surgir en los próximos años. En todos los casos presentados aparecen lo que hemos denominado "*intereses ocultos*" que condicionan de forma drástica los resultados. El prospector, aunque pueda ser independiente de la organización o del estado, ha de estar seguro en todo su trabajo de que en ningún momento está siendo polarizado por fuerzas que no son objetivas.

El segundo posible caso de prospectiva errónea sucede cuando ésta se realiza con un enfoque excesivamente limitado. Es el caso de intentar ver el camino que se seguirá en un determinado entorno y centrarse tan solo en una única tecnología, con olvido de otras que, al menos potencialmente, podrían ser empleadas. Este caso ha sido bastante común en fabricantes de productos con un cierto éxito en un cierto momento, pero que en sus previsiones para el futuro se limitan a seguir las pautas marcadas por la tecnología que habían empleado hasta entonces. Un ejemplo lo tenemos en los fabricantes de las antiguas reglas de cálculo que, ignorando lo que la microelectrónica podría hacer, siguieron con sus productos hasta que las calculadoras de bolsillo dieron al traste con sus ventas. Ninguna de las marcas que eran populares en los años sesenta figura hoy como fabricante de instrumentos de cálculo.

Este caso puede ponerse en paralelo con otro equivalente, que es el de tratar de mantener la posición actual independientemente de que la situación externa cambie o no. Es la fijación en una postura que hasta el momento actual ha resultado exitosa, pero que se ignora cuál será su evolución posterior. En esta ocasión, entre las variables que pueden

intervenir, además de la tecnológica mencionada anteriormente, se encuentran por ejemplo las condiciones sociológicas o ambientales.

En una situación equivalente, pero en el margen opuesto, se halla la que se refiere a intentar ver el futuro, pero moviéndose por caminos por completo diferentes a los que se habían seguido con anterioridad. Es como si, por ejemplo, tras una etapa de uso de tecnologías de tipo mecánico, por el mero hecho de cambiar, y quizás guiado por unas ciertas modas en otros entornos, se abandonase por completo el camino anterior y se siguiera el opuesto, el de las electrónicas. La medida puede ser acertada con vistas a un futuro más o menos lejano, pero la transición debe hacerse con un grado de equilibrio que no altere lo obtenido hasta entonces. La PT ha de marcar no solo cuál es el posible escenario futuro, sino también el camino para llegar a él. Y en una gran parte de los casos, cambios drásticos y no demasiado meditados pueden no ser los más aconsejables en un determinado momento.

Ligado al hecho anterior se encuentra el dar un excesivo peso a lo acontecido en otros entornos. El aplicar la revolución microelectrónica es un hecho incuestionable en la mayor parte de los sectores productivos, mas eso no quiere decir que su aplicación sea obligada en todos. Al mismo tiempo que ocurre esto, los problemas surgidos en un sector determinado, con unas ciertas circunstancias, no quieren decir que tengan que ser las mismas en otros. Ni tampoco que el camino seguido hasta entonces haya de ser por fuerza necesariamente reconducido a otro. Las variables de contorno pueden variar de un sector a otro y, consecuentemente, variar también los resultados, que de ser desfavorables en uno puedan resultar beneficiosos en otro. El cambio puede ser, en este caso, tan erróneo como la adopción de una medida incorrecta.

Todos los anteriores hechos, y muchos otros que podrían también sacarse a la luz, son solo el reflejo de que las opiniones personales, en algunas ocasiones, han de ser tomadas con un cierto cuidado y, al mismo tiempo, ser medidas si es posible de la misma forma con la que se medirían hechos objetivos.

### **1.6.2.- Factores relacionados con el medio**

De la misma forma que los factores personales pueden afectar a los resultados de una PT, los factores externos, esto es, los relacionados con el medio en el que se lleva a cabo, pueden influir también en gran medida sobre los resultados obtenidos.

Entre los más significativos, dado el tipo de Prospectiva a que nos estamos refiriendo aquí, se encuentran los tecnológicos. Como veremos en un capítulo posterior, la PT no puede realizarse ya de una forma localizada, en lo que se refiere a una tecnología o a un lugar. El estado de coordinación y comunicación que existe a nivel global es tan absoluto que muy difícilmente pueden encontrarse entornos que puedan considerarse totalmente autóctonos. Si los desarrollos en un país no afectan solo a éste, sino que



también pueden hacerlo a muchos otros de su entorno, igual ocurre con las tecnologías. No existe un campo de la técnica en el que los desarrollos de otros sean ajenos a él. La Biotecnología, por ejemplo, no puede quedar aislada de lo que ocurre en Electrónica o en Informática, ya que los avances que puedan lograrse en estas, tarde o temprano repercutirán en aquella, bien en las técnicas de medida o en las de producción o en cualquier otra etapa de su desarrollo. Y eso mismo sucede entre países. Los avances que se producen en otros estados, a corto o a largo plazo, alcanzarán al país objeto de la PT. Los desarrollos actuales, por ejemplo, en pantallas planas que se realizan en Japón, pueden en muy poco tiempo dejar obsoletas las producciones de industrias únicamente centradas en pantallas basadas en tubos de rayos catódicos. Y si esto puede aplicarse a desarrollos de productos ya muy próximos a su comercialización, no menos importante es el conocer lo que está ocurriendo, también en otros países o en otras industrias, en productos aún en su primera fase de desarrollo. El que un producto esté todavía muy lejos de poder ser llevado al mercado no quiere decir que haya que esperar para situarse en él a que esté próxima su fase comercial. Ignorar lo que está ocurriendo en unas muy embrionarias fases de desarrollo o de innovación puede ser uno de los mayores errores cuando se realiza PT.

Por otro lado, y esto forma parte también de otro entorno importante de modelización de comportamientos, surge el hecho de los límites alcanzables por una tecnología. Límites que es preciso recalcar aquí una vez más, no tienen nada que ver con los límites científicos que existen en cualquier área que se analice. Existen numerosos casos en los que se ha llegado a la conclusión de que una determinada técnica o una cierta tecnología había alcanzado ya el límite máximo al que podía, razonablemente, llegar. Ello implicaba el que fuera preciso iniciar las etapas necesarias para desarrollar una nueva que satisficiera los nuevos requisitos que se avecinaban. La realidad, en algunos casos, no era así. La "vieja" tecnología, gracias a nuevos desarrollos, conseguía un nuevo empuje y alcanzaba cotas antes inimaginables. Y como consecuencia de ello, todo lo que se había planteado para los próximos años, basándose en su desaparición, quedaba sin objetivo. Un caso muy concreto de esto se encuentra en la tecnología de los compuestos III-V para la fabricación de dispositivos electrónicos de alta velocidad. En el año 1988, los Proceedings del IEEE publicaban un número monográfico dedicado exclusivamente a estos compuestos y a cómo, en los próximos años, desbancarían a los empleados entonces, que estaban basados en el silicio. El título de la sección era "Galium Arsenide VLSI", y casi al principio de su último artículo, "The application of Gallium Arsenide Integrated Circuit Technology to the Design and Fabrication of Future Generation Digital Signal processors: Promises and Problems", escrito por B.K. Gilbert y Guang-Wen Pan, podía leerse: *"Sufficient progress has been achieved in both research and manufacturing that the digital signal processor design community is beginning to consider whether GaAs technology is mature enough to form the basis of new families of digital computers and signal processors"*.

La realidad fue muy otra. El estado de madurez que tenía la tecnología microelectrónica del Si hizo que, en muy poco tiempo se obtuvieran resultados que en ese año parecían

impensables y, como resultado, el silicio ha seguido siendo el verdadero protagonista de este segmento. Este hecho no hay que asimilarlo, como es obvio, con el que marcan los límites físicos de una técnica o una tecnología y que son los que antes se han designado como límites científicos. De esos sí que es imposible pasar. La resolución obtenida, por ejemplo, con fotolitografía hecha con luz visible no puede bajar de una cierta cantidad. Para conseguir mayores resoluciones es preciso pasar a longitudes de onda más cortas y, entonces sí, para ello es preciso cambiar de tecnología.

Un hecho por completo diferente al anterior es el que se relaciona con factores económicos o sociales. Una confianza excesiva por parte del prospectador, y consecuentemente en la forma en la que encamina y realiza la PT, puede llevarle a pensar que la introducción de una cierta tecnología será plenamente aceptada en el mercado y por ello, alcanzarse una situación determinada, tanto económica como social. Los factores subjetivos están aquí otra vez en juego. La realidad puede ser otra. En los años setenta, por ejemplo, se pensaba que la introducción de la fibra óptica en los hogares conllevaría la presencia masiva de videoteléfonos. Una experiencia piloto llevada a cabo a principios de los ochenta en Estados Unidos indicó que, en la mayor parte de los casos, los usuarios usaban la imagen que podía transferir el sistema en muy contadas ocasiones. En conversaciones de carácter informal, en las que el abonado está realizando otras cosas al mismo tiempo que habla, únicamente empleaba el teléfono convencional. Lo que se presuponía un mercado seguro resultó un fiasco. En estos días estamos viendo, por el contrario, para lo que sí puede ser válida la fibra óptica si llega hasta el hogar: para cosas tan alejadas del videoteléfono como la TV interactiva, el teletrabajo o la teleeducación. Aunque todavía estemos bastante lejos de ello, sí parece que esos segmentos llegarán a constituir líneas activas en el futuro. Pero el videoteléfono, si se implanta, no será como elemento básico del equipo.

Otro conjunto de factores externos puede aparecer también dentro de este grupo y, en líneas generales, podría centrarse en torno a entornos como factores políticos, sociales, culturales, empresariales, políticos, intelectuales, religiosos, éticos o ecológicos. Tras el breve comentario que se ha hecho en los párrafos anteriores de los factores tecnológicos o económicos, creemos que estos pueden ser identificados fácilmente sin mayores problemas. De todos ellos quizás sean los políticos lo que pueden tener una mayor incidencia sobre el desarrollo de determinadas áreas tecnológicas. La presencia, por ejemplo, de un presidente en Estados Unidos como Ronald Reagan, cambió drásticamente el tipo de preferencias impuestas sobre aquellos productos fabricados por las industrias que trabajaban en contacto directo con el departamento de Defensa. El fin del mandato Reagan supuso la reorientación de la mayor parte de las anteriores empresas, que tuvieron que dedicarse a buscar aplicaciones civiles para unos productos esencialmente militares. En niveles diferentes, el cambio de altos ejecutivos en las empresas o en las administraciones regionales o nacionales puede implicar también ligeras diferencias con respecto a políticas anteriores y, consecuentemente, sobre los caminos seguidos. Un cierto margen de seguridad ha de darse en consecuencia a la PT que se haga para poder tener en cuenta factores como los aquí apuntados.

A pesar de ello, la presencia de hechos como los mencionados no es, en algunos casos, un factor determinante para la presencia o no de un cierto tipo de tecnología en el futuro. Si las necesidades sociales lo demandan, la tecnología en cuestión podrá aparecer en un instante más o menos próximo de tiempo, pero al final, si no surge otra más efectiva, terminará por lograr asentarse en el terreno para el que estaba prevista. Pero este es otro tema que no parece oportuno tratar aquí.

## **CAPÍTULO II.- BASES PARA EL INICIO DE UNA PROSPECTIVA TECNOLÓGICA**

### **2.1.- INTRODUCCIÓN**

Decía Lucrecio en "*De Rerum Natura*" (I. 155) que "*Nil posse creari de nilo*" (Nada puede crearse de la nada). La PT no es una excepción. Para llevarla a cabo no es suficiente con montar paneles de expertos o realizar encuestas a un número más o menos alto de especialistas en el tema objeto de estudio. En todos los casos, si el resultado a obtener se pretende que no sea tan solo un ejercicio académico, es preciso dotarlo de una base lo suficientemente sólida como para que pueda resistir el paso del tiempo de la mejor manera posible. Ni los expertos conocen la totalidad de los datos que tienen que ver con su área de actividad, ni los especialistas abarcan la totalidad del campo que puede ser cubierto con su conocimiento. Es necesario, en paralelo, disponer de una serie de elementos de juicio que puedan contrastar los resultados y un conjunto lo más amplio posible de datos que proporcionen un punto de partida lo más seguro posible. Toda esa información puede y debe ser dada a los participantes en paneles o Delphis, antes de que se inicien estos, o irse contrastando con lo que se vaya obteniendo y proporcionar, en cada momento, el dato preciso.

En muchas ocasiones estos datos forman parte del análisis que se ha debido ir haciendo en los años precedentes, para evaluar cuál ha sido el resultado de los posibles programas de I+D existentes.

### **2.2.-INDICADORES BIBLIOMÉTRICOS**

Como se ha dicho antes, y volverá a repetirse en el siguiente apartado, este tipo de indicador es usualmente empleado para conocer los resultados de una acción previa de política científica o tecnológica en un cierto campo. También se emplea cuando se desea conocer la situación relativa de un país o un grupo con respecto al contexto mundial. No supone pues, en el sentido en el que normalmente se considera, una verdadera herramienta dirigida a la PT, sino que sirve esencialmente para proporcionar datos para realizarla.

La base de esta técnica es la de que solo puede ser aplicada a ejecutores de Ciencia y Tecnología (grupos, institutos, organizaciones, compañías ...) y a áreas temáticas (campos de investigación, áreas de conocimiento ...) para los que el soporte principal de intercambio de información son las publicaciones en revistas o las patentes. Y de estas publicaciones o de esas patentes se extrae una información numérica que pasa a ser posteriormente analizada. Este hecho implica el principal carácter de dicha técnica: que

aporta un valor cuantitativo a una parte de la I+D. Ya veremos después que el resultado puede ser a veces engañoso o de interpretación dificultosa. pero, como en cualquier campo, es preferible poder tener una cierta medida de algo, aunque sea a veces ambigua, que no tenerla de ninguna manera.

Los indicadores bibliométricos que se confeccionan aparecen guiados por dos objetivos fundamentales<sup>3</sup>:

- Buscar los aspectos de la investigación científica y técnica que sean los más significativos, y
- Determinar de qué manera pueden expresarse adecuadamente de forma que pueda extraerse de ellos un dato cuantitativo.

De acuerdo con estos dos puntos, los tres principales indicadores son:

- El valor y las características de la producción científico-técnica.
- El valor y las características de su impacto, y
- Las características estructurales de la Ciencia y la Tecnología.

Los dos primeros constituyen el núcleo del análisis bibliométrico y suministran esos valores cuantitativos a que antes se aludía, que permiten conocer cuál es la situación de un país o un grupo en un entorno científico-técnico. El tercero, por el contrario, permite representar mapas bibliométricos de la Ciencia y la Tecnología. Por ello, los dos primeros están más ligados a la Evaluación, mientras que el último puede, como veremos después, servir ya de base estructural para la PT. Esto no quiere decir que los dos primeros no puedan tener un fin también de soporte a la PT, pero su relación con ella es más colateral y esencialmente de soporte.

El primer indicador se basa en el número de artículos publicados en revistas internacionales de un cierto nivel durante un período de, al menos, ocho años, por el grupo, nación o entorno objeto de estudio. Indica lo que podría denominarse su productividad.

El segundo se determina por el número de veces que los componentes del entorno han sido citados en otros artículos en el intervalo de tres años a partir de la fecha de publicación de sus trabajos. No son contabilizadas las autorreferencias. Indica, en consecuencia, el impacto del trabajo realizado.

Estos datos, como es lógico, han de ser referidos a una serie de parámetros adicionales para que adquieran un valor más objetivo. Entre estos parámetros se encuentran la calidad de las revistas, los valores medios de los artículos citados en estas revistas, el

---

<sup>3</sup> A.F.J. van Raan, "Bibliometric Indicators as Research Performance Evaluation Tools". CWTS-Report 93-05, Leiden. 1993.

número de autores por artículo, las colaboraciones con otros grupos, etc. Este tema, que como se desprende de lo anterior es bastante complejo, constituye objeto de estudio en varias universidades, y no va a ser detallado más aquí ya que no debe ser objeto de atención preferente en esta ocasión. Será, tan solo, un dato a proporcionar a los expertos que van a realizar PT.

El tercer indicador, por el contrario, sí merece una atención más especial. En él se intentan representar las múltiples conexiones que tienen en nuestros días los distintos entornos de la Ciencia y la Tecnología. Como se ha dicho anteriormente, ninguna rama de la Ciencia o la Tecnología constituye hoy una isla separada por completo del resto. Entre todas hay puentes y caminos que permiten el transvase de conocimientos de unas a otras. Es como la realización de una cartografía la cual permite visualizar rápidamente las interrelaciones entre unas áreas y otras. Las palabras clave que aparecen en los artículos permiten llevar a cabo este trabajo. De acuerdo con la intensidad de esta relación, las conexiones aparecen con mayor o menor grosor en el "mapa". Un ejemplo muy simplificado aparece en la Fig. 1<sup>4</sup>, en la que se reflejan algunas de las posibles conexiones entre las comunicaciones y la computación en el terreno de la Óptica. Este caso es meramente un ejemplo y no responde a un estudio real realizado con los métodos convencionales. La realidad mostraría un mapa mucho más complejo y con un número mucho mayor de conexiones.

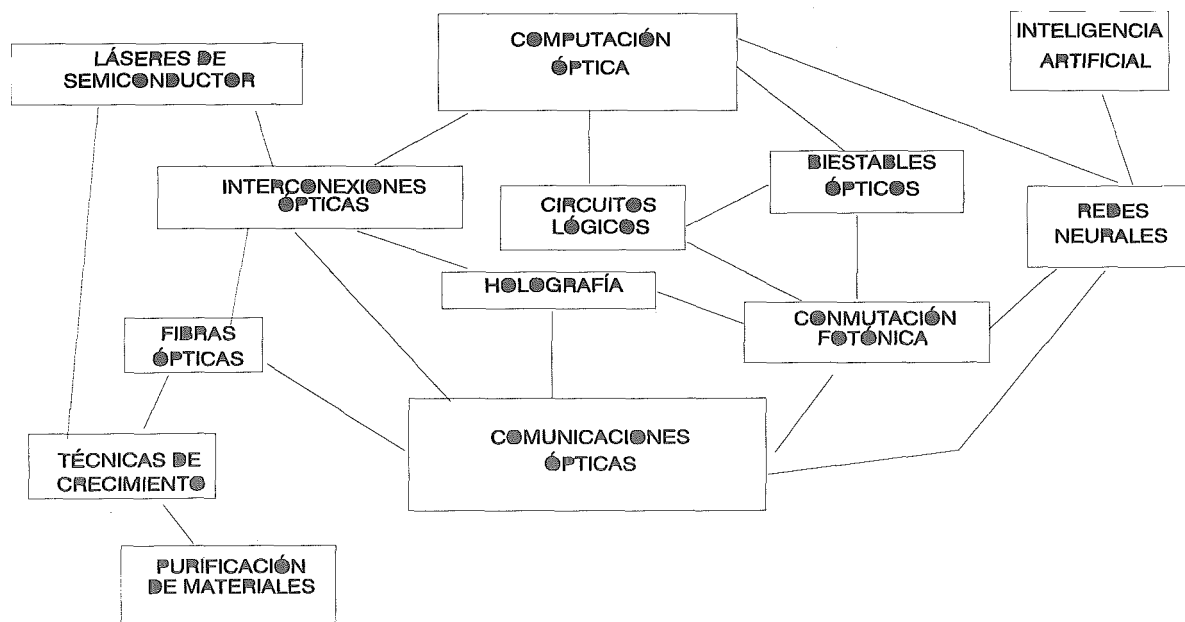


Figura 1.- Ejemplo de cartografía bibliométrica entre Computación y Comunicaciones Ópticas

<sup>4</sup> Basada en: A. González Marcos. Proyecto Docente. Concurso de Acceso al Cuerpo de Profesores Titulares de Universidad. UPM. Madrid. 1995.

Pero además de los mapas cartográficos de Ciencia y Tecnología a partir de métodos bibliométricos es posible extraer también una información relevante a la PT referida a las tendencias de los campos tecnológicos objeto de estudio. Esta información se refiere a cuál ha sido la evolución a lo largo del tiempo de un determinado tema, qué entornos han sido los que lo han tratado y cómo ha sido considerado en cada país. Un ejemplo, de nuevo, puede servirnos de ayuda más directa para el entendimiento de esta herramienta. El tema de la Computación Óptica, mencionado anteriormente, es también aquí válido<sup>5</sup>.

El seguimiento constante de un determinado tema en la literatura no solo aporta información sobre cuál es la situación científico-técnica del mismo, cuáles son sus logros y qué resultados son los más relevantes. Existe otra información, parcialmente más oculta, que puede ser tan importante o más que la anterior. Es la que se refiere a qué organismo, institución o industria la está realizando y cuál es su evolución con el tiempo, así como sus fuentes de financiación. En un terreno puramente tecnológico, de una forma natural, los temas suelen aparecer primero en artículos exclusivamente firmados por autores pertenecientes al ámbito académico, posteriormente pasan a incorporarse industrias y, finalmente, son casi estas últimas las únicas que aportan información. Esto puede comprobarse en multitud de campos. El seguir, por ejemplo, cuáles son los temas predominantes en las publicaciones más significativas del campo, firmadas por autores pertenecientes a grandes industrias, da una indicación de qué intereses aparentemente les mueven. Asimismo, si una empresa que había publicado mucho en un tema durante un cierto tiempo deja de publicar, puede ser por dos motivos: o porque el tema deja de ser objeto de su interés o porque los resultados que está a punto de obtener son ya de tipo industrial. Como ejemplo de lo que un análisis de la literatura puede darnos, en la Fig. 2 se muestra una serie temporal con las publicaciones en el campo de la Computación Óptica desde 1984 hasta 1993. Como puede apreciarse, las generadas en Estados Unidos se mantienen en un nivel casi constante hasta 1988, año en el que despegan de manera significativa. Entre las razones que podrían señalarse para ello es que en esas fechas se dio por concluida la política del presidente Reagan centrada en torno a la "Guerra de las Galaxias" y con ello una serie de temas pudieron salir a la luz. Un análisis de los años anteriores mostraría la caída de publicaciones en este campo, así como en otros, al principio de la era Reagan. Como es lógico, una trayectoria de lo que los investigadores estaban haciendo en esos años podría seguirse de manera indirecta a través de temas publicados o presentados en conferencias y que colateralmente tenían una cierta relación con el tema. La importancia de los mapas tecnológicos mencionados antes queda así justificada.

---

<sup>5</sup> A. González Marcos, "Contribución al estudio de estructuras fotónicas para Computación Óptica y análisis de problemas conexos". Tesis Doctoral. UPM. 1993.

## EVOLUCION PUBLICACIONES POR PAISES

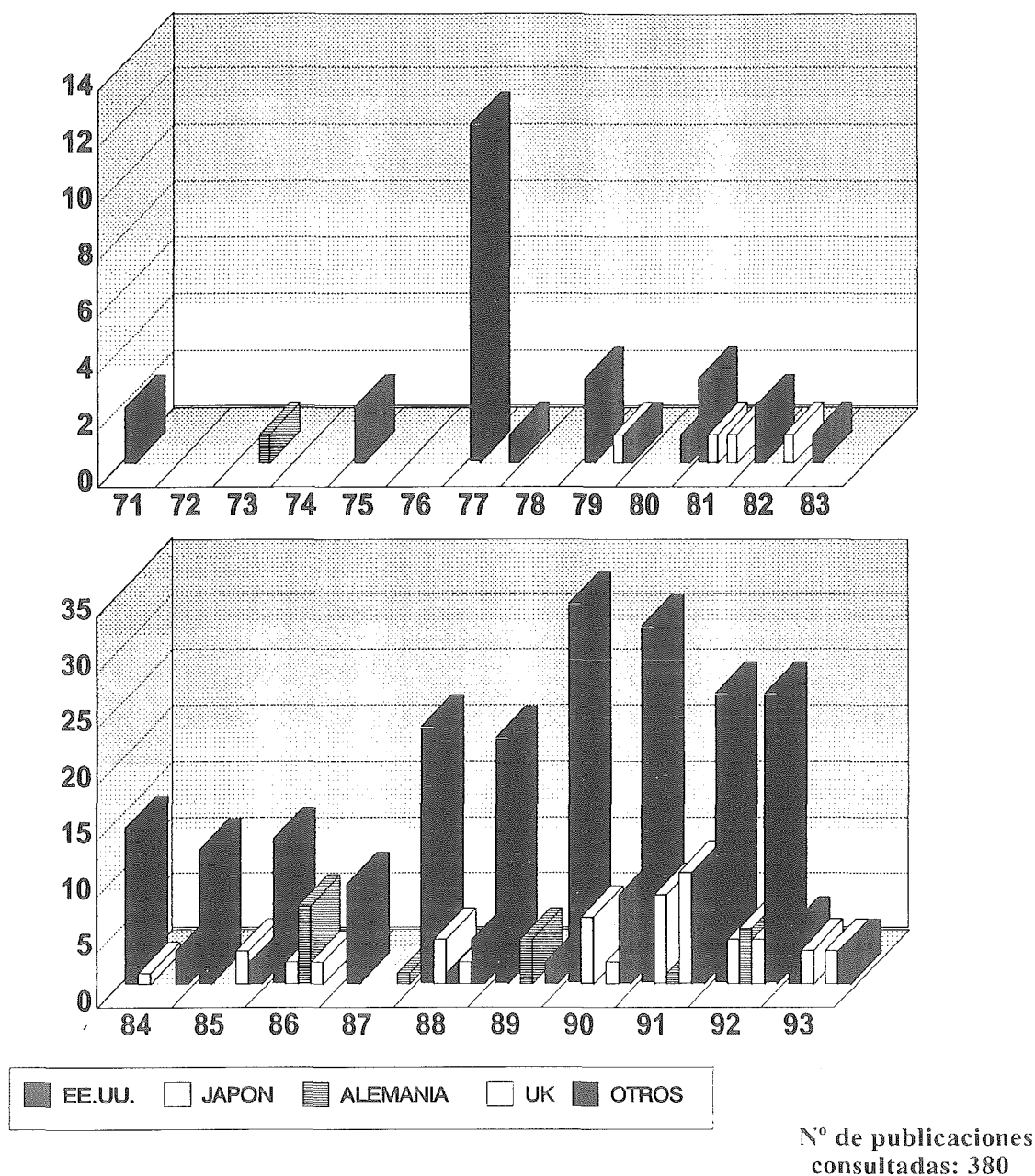


Figura 2.- Evolución de las publicaciones en Computación Óptica entre 1971 y 1993<sup>5</sup>.

El ejemplo anterior no es sino un muy pequeño apunte para indicar la importancia del análisis de los más dispares hechos en terrenos aparentemente inconexos. Una labor de PT debe tener en cuenta todos los que sea capaz de analizar y es, en consecuencia, labor de un amplio conjunto de organizaciones y grupos y no solo de un pequeño equipo o gabinete.



## **2.3.- ANÁLISIS DE PATENTES**

Las patentes constituyen la otra herramienta disponible para realizar un análisis de cuál es la situación de un sector o de un entorno. En este caso, así como la información de revistas proporcionaba información de tipo científico-técnico, con un mayor énfasis en el aspecto científico, las patentes aportan la vertiente más industrial y tecnológica.

Los métodos para su análisis son muy similares a los empleados en publicaciones. Datos como número de patentes, índice de impacto, distribución por sectores, relaciones entre las tecnologías en las que se emplean, son equivalentes a los ya vistos en Bibliometría. El único factor que aquí es significativo, y que no aparece en el caso anterior, es el que se refiere al número de patentes en uso. Porque una patente solo puede decirse que ha tenido repercusión cuando ha sido empleada en la fabricación de un producto o cuando ha incidido de manera significativa en el nacimiento de otra.

No vamos a hacer hincapié más en este tema, puesto que, en parte, sería repetición de los conceptos mencionados en el apartado anterior.

## **2.4.- CONDICIONANTES PARA LA REALIZACIÓN DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA**

De todo lo anterior dimana que la realización de PT no es indiferente del medio en el que se haga y para el que se haga. De la misma manera que un país puede y debe realizar PT para adaptar su sistema Ciencia-Tecnología a las condiciones más favorables para su futuro, una gran empresa ha de realizar también una cierta PT, si no igual, sí equivalente a la de aquél y adaptada a sus necesidades para amoldar su sistema productivo al posible mañana. Y al mismo tiempo, la PT realizada por un gran país, por una nación primera potencia mundial, no debe tener el mismo fin que la llevada a cabo por otra de menor entidad. Si en el primer caso es importante analizar prácticamente todos los sectores clave relacionados con las tecnologías emergentes y los nuevos servicios o necesidades que demandará la sociedad en los próximos diez o veinte años, en el segundo caso la situación es distinta. Habrá, posiblemente, un conjunto de tecnologías a las que de ninguna forma podrá acceder, bien por su coste, su complejidad o los recursos materiales y humanos que posee. Deberá, quizás, contar con su presencia en los próximos años. Pero en el estudio que lleve a cabo de PT únicamente deberá contar con su uso y no con su posible desarrollo. Algo similar puede decirse en el terreno industrial. Una empresa que es líder mundial en un cierto segmento tecnológico no puede hacer el mismo tipo de PT que otra que únicamente aspira a consolidar un mercado regional de volumen medio. Ambas deberán atender a las tecnologías que puedan surgir en los próximos años, pero el enfoque habrá de ser distinto. En un caso podrá ser para posicionarse en ellas y en el otro simplemente para usarlas o llevarlas a sus productos o a su proceso productivo.

De acuerdo con lo anterior, las condiciones de contorno podrían dividirse en los dos siguientes grandes grupos: "*Condiciones Absolutas*" y "*Condiciones Relativas*". Los entornos objeto de estudio en cada una de ellas serían las que aparecen en la **Tabla I**.

Igualmente, a modo de síntesis, y sin pretender ser exhaustivos, cada uno de los apartados presentes en la Tabla I podrían desglosarse también en los que aparecen en las Tablas II y III. Toda la información que aparece en ellas debe ser el punto de partida para la realización de cualquier tipo de PT. El contar con una base de datos lo suficientemente amplia y actualizada de los factores involucrados es un elemento esencial para ello. En ella, como se desprende de las Tablas, no ha de estar contenida solo la parte referente a la situación de las diferentes tecnologías, tanto a nivel mundial como del entorno considerado, sino todos aquellos otros factores que pueden ser de interés para la PT que se haga. Entre ellos pueden enumerarse el capital humano con el que se cuenta, el equipamiento de que se dispone, el esfuerzo previo realizado, bien derivado de políticas previas o de acciones puntuales de instituciones, etc.

Por todo lo anterior, cada una de las líneas que aparecen en estas Tablas, y más en concreto en la Tabla III, debería ser objeto de un mayor detalle en su exposición. Mas dado el objetivo de estas líneas, se ha optado por mencionarlas, dejando para una ulterior ocasión su desarrollo.

**TABLA I: CONDICIONES GENERALES DE CONTORNO PARA LA REALIZACIÓN DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA**

<b>CONDICIONES ABSOLUTAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entornos científico-técnicos emergentes</li> <li>- Áreas en fuerte desarrollo</li> <li>- Necesidades sociales previstas</li> </ul>
<b>CONDICIONES RELATIVAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Situación científico-técnica del entorno para el que se realiza la Prospectiva Tecnológica</li> <li>- Relación con otros colectivos de análogos condicionantes</li> <li>- Posibilidad de incidencia sobre los sectores involucrados o relacionados</li> </ul>

**TABLA II: CONDICIONES ABSOLUTAS DE CONTORNO**

<b>ENTORNOS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICOS EMERGENTES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Programas de I+D previstos o en fase de realización en los países más avanzados</li> <li>- Análisis bibliométrico de la producción científico-técnica a nivel mundial y evolución en el tiempo</li> <li>- Análisis de las tendencias de los mercados</li> </ul>
<b>ÁREAS EN FUERTE DESARROLLO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis del comercio mundial</li> <li>- Estudio de la evolución de las principales empresas de los distintos sectores involucrados</li> <li>- Relación con los temas que se consideran emergentes</li> </ul>
<b>NECESIDADES SOCIALES PREVISTAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evolución de las demandas tecnológicas por parte de las industrias existentes</li> <li>- Resolución de problemas que afectan a la calidad de vida (medioambientales, de sanidad, etc.)</li> <li>- Estudio de los factores que inciden sobre situaciones de riesgo</li> <li>- Incidencia sobre el tiempo de ocio de la sociedad</li> </ul>

**TABLA III: CONDICIONES RELATIVAS DE CONTORNO**

<b>SITUACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA DEL ENTORNO PARA EL QUE SE REALIZA LA PT</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Existencia de grupos de excelencia de calidad internacional</li> <li>- Existencia de entornos (de producción o científicos) con alto nivel de competitividad</li> <li>- Carencia de cualquiera de los anteriores en determinados sectores</li> <li>- Nivel absoluto de calidad en relación con grupos equivalentes del exterior</li> <li>- Tamaño relativo y absoluto de los grupos y las empresas</li> <li>- Grado de colaboración entre grupos e industrias de diferentes entornos tecnológicos</li> <li>- Grado de colaboración entre grupos del mismo entorno científico-técnico</li> <li>- Grado de colaboración entre distintos sectores</li> </ul>
<b>RELACIÓN CON OTROS COLECTIVOS DE ANÁLOGOS CONDICIONANTES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Programas de I+D en otros entornos de nivel equivalente</li> <li>- Nivel de los correspondientes grupos (científicos e industriales)</li> <li>- Acciones tomadas por dichos entornos para incrementar la actividad</li> </ul>
<b>POSIBILIDAD DE INCIDENCIA SOBRE LOS SECTORES RELACIONADOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Existencia de políticas sectoriales</li> <li>- Existencia de competencias para el establecimiento de políticas tecnológicas</li> <li>- Capacidad de actuación conjunta con otros entornos</li> </ul>

## **CAPÍTULO III.- PROSPECTIVA TECNOLÓGICA BASADA EN EL EMPLEO DE EXPERTOS**

### **3.1.- INTRODUCCIÓN**

Dejando aparte la pregunta de quién puede considerarse un experto o el tipo de experto más indicado para realizar PT desde un punto de vista general, o una PT de carácter particular, tema sobre el que se incidirá más adelante, uno de los puntos más significativos es el que se refiere a la forma de extraer de ellos la información más adecuada y fiable para obtener el fin deseado.

Las dos técnicas más empleadas han sido la configuración de paneles de debate abierto y la realización de un tipo especial de encuesta dirigida, denominada Método Delphi. Tanto una como otra tienen ventajas e inconvenientes. Por ello es posible que una solución mixta, compuesta por una parte de un panel abierto y por otra de un Delphi, pudiera ser la más idónea para la consecución de ciertos objetivos. Toda organización u organismo ha de determinar en cada momento cuál es la forma que mejor se adapta a sus necesidades y a sus fines. Cuando, por ejemplo, el tiempo para adoptar una decisión es importante, la aplicación del método Delphi puede resultar inapropiada por la duración requerida. Si, por el contrario, lo que se desea son unas conclusiones lo más contrastadas y, dentro de lo imprevisible que puede resultar cualquier PT, válidas, el método Delphi proporciona unas garantías que el panel no asegura. Pasemos, en consecuencia, a analizar con más detalle ambos métodos de trabajo.

### **3.2.- PT MEDIANTE PANELES DE DISCUSIÓN**

La discusión abierta entre expertos de un determinado tema es, en la mayor parte de los casos, enriquecedora para todos sus participantes, además de, evidentemente, para el organizador. Aunque, incluso, el grado de conocimiento de los participantes no sea el mismo, sus razonamientos ante las opiniones de los demás contribuyen a la obtención de unos resultados más satisfactorios.

Pero los problemas de un panel de expertos son los mismos que los de cualquier otro tipo de reunión de personas. Hay ocasiones en las que la opinión que prevalece no es la más sensata o la más lógica, sino que lo es aquella que más tenazmente ha sido defendida por su ponente. Opiniones que podían ser válidas, fruto únicamente de una opinión subjetiva, pueden quedar anuladas por la aparición de datos sesgados en una cierta dirección y que se presentan como incuestionables. O la autoridad de uno de los participantes, cuyo renombre es indiscutible, puede influir para que otros de menor talla expresen libremente sus ideas. Si, por otra parte, se tiene una cierta vergüenza en cambiar de opinión a lo largo del debate y, debido a ello, se mantiene inmutable una

posición, los frutos obtenidos por el conjunto pueden ser menguados. Este hecho es equivalente al que ocurre en algunos casos de tener el sentimiento de que mantener una idea es cuestión de principios y que en ello casi va la vida. El resultado no puede en modo alguno ser beneficioso para el objetivo final.

Aparecen, por otra parte, situaciones que aparentemente son fructíferas pero que analizadas al cabo de un tiempo se aprecia han sido casi baldías. Son aquellas en las que, tras la presentación de una o varias ideas, el resto del debate o la discusión se reduce a comentarlas una vez y otra. Es la típica frase de "*Como ha dicho Fulanito ....*" o "*Estoy de acuerdo con lo que ha presentado Menganito y ....*" Así una hora tras otra. No han surgido puntos nuevos de reflexión y todo se ha centrado en dar vueltas y más vueltas a idénticos conceptos. Puede que la discusión haya sido incluso violenta, y que haya habido discrepancia de opiniones. Pero la única idea que ha surgido ha sido una. Es muy posible que, tras una situación así, la mayoría de los participantes no vuelva a otra sesión si son requeridos para ello. Porque nadie ha sentido que allí se haya generado nada nuevo.

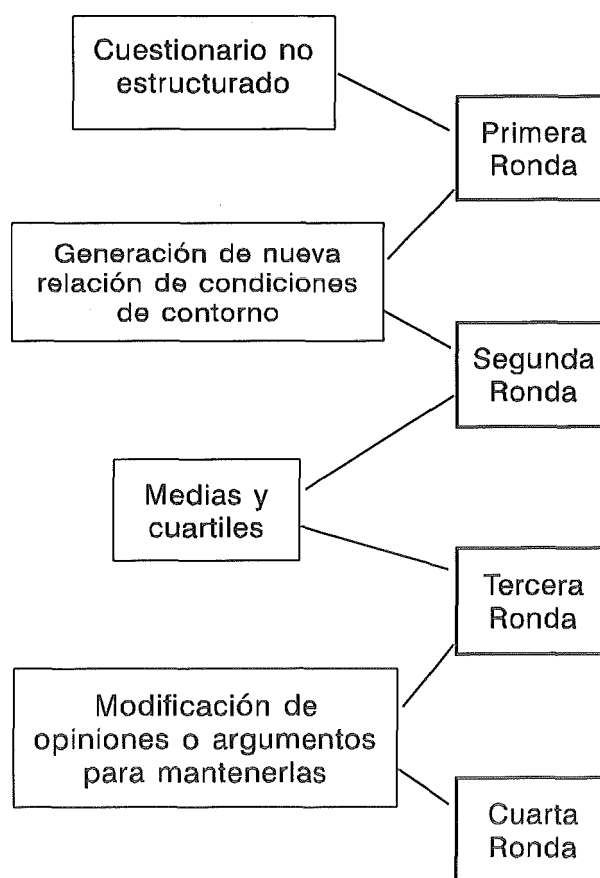
Un hecho adicional que puede ocurrir en ciertas ocasiones es que, por razones diferentes, la mayor parte de los miembros presentes compartan idénticas opiniones. Puede que al final las ideas involucradas hayan sido muchas. Pero, además de estar ya presentes en la mente de los participantes antes de iniciar la sesión, apenas han sido contrastadas con otras diferentes y, por ello, la validez de las conclusiones puede ser dudosa.

De lo anterior se infiere la importancia de un factor que no ha aparecido aún aquí, pero que resulta fundamental para el correcto desarrollo de una sesión de PT mediante panel, como la aquí presentada. Este elemento adicional es el **moderador** que, en principio, puede y debe ser también el organizador del panel. La elección de expertos complementarios y no copartícipes de una idea común, el planteamiento de cuestiones cuando la discusión empieza a discurrir por el cauce monotemático aludido antes, el apoyo a participantes que no tienen el empuje necesario para oponerse a otros con mayor agresividad son elementos que un moderador debe controlar. Ir centrando la discusión por los cauces requeridos, hacer de tiempo en tiempo breves síntesis de lo que se ha ido asentando son otros puntos que precisa tener siempre presente el conductor del debate. Y, finalmente, uno tan importante o más que los anteriores: no llegar a la sesión con una idea preconcebida de lo que debe ser el resultado final y mantenerse lo más neutral posible a lo largo de la misma. La PT no es una Ciencia que deba estar guiada por una idea asentada: pretende ver cómo puede ser un determinado campo dentro de unos cuantos años y de eso nadie puede ni debe tener una idea clara.

### 3.3.- PROSPECTIVA TECNOLÓGICA MEDIANTE EL MÉTODO DELPHI

Esta técnica de estudio prospectivo tuvo su origen en 1964 y fue desarrollada en el seno de la Rand Corporation<sup>6</sup>. Desde entonces se han realizado innumerables estudios aplicando este método y, aunque existe una línea argumental común en todos ellos, en cada momento y por parte de quien lo pone en marcha, siempre aparecen ligeras variantes. La literatura de este campo, tanto en forma de artículos como de informes más o menos extensos, ofrece un amplio abanico de ejemplos, realizados con muy diferentes propósitos y enfoques. A pesar de ello, y de que no pueda asegurarse que los resultados sean acertados en todos los casos, sí puede asegurarse que el método Delphi constituye hoy una de las formas más asentadas para la realización de PT.

Su base es, como en el caso de los paneles anteriores, la consulta a una serie de expertos, a través de un conjunto de cuestionarios, vierten sus opiniones en torno a un determinado tema. Pero, al contrario de lo visto antes, los expertos no trabajan físicamente juntos, sino que cada uno de ellos opina por escrito, de forma libre, sin que ninguno de los otros participantes conozca sus ideas. Con ello se siguen manteniendo las ventajas de recibir información de un conjunto de especialistas en un tema, pero se mantiene un anonimato que facilita la libertad de expresión. Además, debido a la forma en la que se realiza, cualquier participante puede cambiar de opinión a lo largo del proceso gracias a los datos que haya ido recibiendo, sin que este cambio pueda reflejarse hacia el exterior.



La forma clásica de llevar a cabo un Delphi aparece reflejada, esquemáticamente, en la Fig. 3. Como puede apreciarse, su base es

Figura 3.- Esquema general de un estudio de PT con el Método Delphi.

<sup>6</sup> T.J. Gordon & O. Helmer, "Report on Long Term Forecasting Study", Report P-2982, The RAND Corporation, Santa Monica, CA. 1964.

el envío de una serie de cuestionarios que, una vez contestados, son analizados por el moderador del panel. Las conclusiones se traducen en un nuevo cuestionario que vuelve a ser remitido a los participantes. Este proceso se repite, por lo general, unas cuatro veces.

Una de los principales requisitos que ha de tener un Delphi para alcanzar resultados válidos es partir de unas condiciones lo más claras posibles. Y también que en el primer cuestionario que se envíe no se establezcan a priori unas condiciones muy rígidas ni delimitadas. Fijado el objetivo del Delphi, que puede ser por ejemplo la situación de una cierta tecnología en un futuro más o menos lejano, el experto debe sentirse libre para opinar sobre los senderos por los que cree va a desarrollarse dicha tecnología. Si las preguntas fueran muy concretas, las respuestas se centrarían en unos determinados límites. El moderador, o en quienes se haya delegado la confección del primer cuestionario, puede no haber contemplado escenarios que sean vistos por otros. Retomando el caso mencionado antes del AsGa, y pensando en un Delphi sobre Microelectrónica en general, nunca se debería hacer en ese momento una pregunta del tipo "*¿En qué casos cree que tendrán aplicación los circuitos integrados de propósito específico hechos con AsGa?*". Una pregunta así da por supuesto que el AsGa va a ser empleado en ASICs, mientras que algunos de los consultados pueden opinar que esto no va a ser así, o al menos en el tiempo futuro que se está estudiando en el Delphi. Quizás la primera pregunta a formular en ese momento sería "*¿Cuál cree que es la tecnología que tendrán en el futuro los circuitos integrados?*". Unos expertos podrían basar su contestación en el silicio y otros en otros materiales. A partir de ese momento ya se podría abrir el abanico de nuevas preguntas. El proceso se vería así fuertemente enriquecido.

Del resultado de esta primera ronda poco estructurada el moderador debe obtener una serie de conclusiones que le lleven a confeccionar un segundo cuestionario. En él ya aparecen preguntas más concretas y límites de tiempo para la aparición de los hechos que se plantean. Un tratamiento estadístico de los resultados de la segunda ronda permite al moderador fijar los límites para las cuestiones de la tercera ronda. En ella el experto recibe no solo preguntas o cuestiones sobre puntos más o menos concretos, sino que recibe también información sobre qué han respondido todos los miembros del panel en una forma estadística. Si se trata de la fecha de aparición de un producto, conoce cuál es el valor medio, cuántos creen que será después, cuántos que será antes; también, quizás, cuántos creen que nunca. Y en todos los casos también reciben una serie de indicaciones que justifican dichas respuestas.

El experto se halla entonces en situación de comparar sus contestaciones anteriores con las de los demás, así como los razonamientos que las justificaban. Puede, a la vista de todo ello, mantener su opinión o modificarla ligeramente. También en esta tercera ronda, en la que los límites de las preguntas son ya mucho más concretos, puede seguir expresando sus opiniones de manera libre y, en el caso de que se aparte de lo que la media opina, expresar el porqué de sus ideas. Puede, igualmente, hacer un nuevo

horizonte temporal a la vista de los nuevos datos e, incluso, decir algo muy diferente a lo que había opinado en la primera ronda del Delphi.

En la última ronda, consecuencia de los resultados de la tercera, las opiniones que se demanden deben ser mucho más centradas y constituir una verdadera toma de posición sobre el tema considerado. Las conclusiones que el moderador extraiga de ella no tienen que ser únicas ni uniformes. Indicará el valor medio de las respuestas y, al mismo tiempo, aquellas opiniones que se encuentran a un lado u otro de dicha media. Este es el verdadero valor del Delphi: que no solo expresa la opinión más general, sino también las que se separan de ella y las razones que las soportan.

Como es lógico, las desviaciones de la media suelen ser tanto mayores cuanto más lejano es el tiempo para el que se hace la previsión y, también, cuanto menos asentada está la tecnología objeto de estudio o la implicación social o el uso que llegue a alcanzar. En estos casos, los comentarios de los panelistas pueden tener tanta importancia como los simples valores numéricos de fechas o comportamientos medios obtenidos.

Las fases y los planteamientos hechos hasta aquí constituyen el Delphi que pudiéramos denominar "clásico". Las variantes que se han hecho sobre él son múltiples. Tanto el número rondas, como el de panelistas, como el anonimato señalado antes, que puede ser parcial, hasta el mismo inicio, que puede ser un entorno perfectamente acotado, todo puede ser objeto de modificaciones según la intención y la técnica preferida por el que lo realiza. Pero la filosofía general es, esencialmente, la que aquí se ha indicado.

En paralelo con todo lo anterior surge otro tema que puede llegar a tener una importancia primordial para el desarrollo y los resultados del Delphi. Es el que se refiere a la confección del cuestionario y a la forma de dirigirlo, así como a los miembros del panel que lo van a desarrollar.

En cuanto a la confección del cuestionario, es preciso indicar una serie de puntos que deben ser obligados para la buena marcha del proceso. Resumidos, serían los siguientes:

- Es indispensable, al inicio del mismo, indicar claramente el objetivo y los fines que se pretenden con él. No debe destilar ningún tipo de ambigüedad que pueda distorsionar las respuestas o las interpretaciones.
- Aunque pueda ser familiar para muchos, es menester también indicar cuáles son las reglas por las que se guía el Delphi y el procedimiento por el que va ser llevado a cabo.
- Las preguntas han de ser claras y no admitir diferentes interpretaciones. Para ello habrá de ser leído por varias personas, ajenas a las que lo redactaron, con objeto de eliminar cualquier tipo de duda, antes de ser remitido.
- Si fuera posible, en una ronda avanzada, las repuestas deberían poder ser respondidas rellenando una simple casilla.



- En el caso de que lo que se pida sea una opinión, debe dejarse espacio suficiente para ello.
- Es necesario dar al experto las mayores facilidades posibles en su contestación. Un esfuerzo no compensado ni justificado por parte de éste puede conducir a que no responda.
- En ningún caso debe el moderador introducir sus propias opiniones personales, tanto en las preguntas como en las conclusiones que se extraigan de éstas.

La elección de los participantes en el Delphi es también otro momento de particular importancia. El que sean expertos en el tema objeto de estudio parece ser una de las condiciones de partida. Su conocimiento del mismo le confiere la autoridad necesaria para que sus opiniones sobre el tema merezcan ser tenidas en cuenta. Y aquí surge uno de los factores mencionados anteriormente: el que para que los resultados sean correctos, los participantes han de poder tener opiniones diferentes sobre un mismo hecho. Esto obliga a que en la elección deba tenerse en cuenta de dónde proceden y cuál ha sido su trayectoria. Un panel compuesto todo él por copartícipes de una misma escuela de pensamiento no tiene la riqueza suficiente como para llegar a conclusiones universales.

Por otra parte, y aquí las opiniones son contradictorias, sería también conveniente introducir en el panel a personas que no sean totalmente expertas en el tema, pero que pueden dar una visión diferente del problema. Un estudio, por ejemplo, sobre el futuro de las Comunicaciones Móviles, debería tener en cuenta aspectos de carácter sociológico o de la incidencia de los campos electromagnéticos emitidos sobre los seres vivos. Y la opinión sobre esos temas no las podrían dar los expertos en Comunicaciones Móviles, sino otros profesionales de otros campos, que opinarían sobre la incidencia de las mismas en sus respectivos entornos. Análoga justificación podría tener la presencia de un científico aplicado, que aportaría su conocimiento de tecnologías aún en el laboratorio y que en un cierto tiempo podrían llegar a la fase industrial.

Otro hecho importante en el momento de fijar los miembros del panel es el de la determinación de su número. No parece preciso recalcar el hecho de que un porcentaje de los que inician el proceso no lo seguirán hasta el final. Resulta obligado, en consecuencia, partir de un número significativamente más alto que el que se crea es el adecuado, ya que algunos de ellos irán abandonando el camino. Es también conveniente, en ocasiones, implicar a los participantes de alguna forma, de manera que se sientan partícipes en el proceso y en las consecuencias. La primera ronda puede ser la más indicada para conseguir esta situación.

## **CAPÍTULO IV.- ANÁLISIS COMPARATIVO DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA REALIZADA EN DIFERENTES PAÍSES<sup>7</sup>**

### **4.1.-INTRODUCCIÓN**

Aunque, como se ha comentado anteriormente, la PT resulta una herramienta fundamental para diseñar políticas de Ciencia y Tecnología, tanto a nivel nacional como en entornos más concretos, como pueden ser los industriales, su uso no está muy generalizado y, de hecho, son muy pocos los países que la hacen de forma continuada y basan en ella su toma de decisiones. En este Capítulo vamos a pasar revista a las experiencias más significativas, dando al final del mismo un breve resumen comparativo de las tecnologías que han analizado. Los países estudiados pueden dividirse en dos grandes grupos. En el primero tienen cabida los que poseen un potencial tecnológico muy por encima de la media mundial por lo que, como consecuencia, la PT que llevan a cabo tiene un sentido global. En el segundo, por el contrario, se encuentran aquellos países de tamaño medio, cuyo ejemplo más significativo puede ser Holanda, en los que los condicionantes que tienen para realizar PT son equivalentes a los de España. De cada grupo podrán extraerse conclusiones que tendrán diferente interpretación según el fin que se desee.

### **4.2.- JAPÓN<sup>8</sup>**

Japón es, sin duda, el país que posee una tradición más asentada en este tipo de estudios. Una gran parte de los que se han desarrollado en otros países lo han tomado como ejemplo. Por ello le dedicaremos aquí una mayor atención que al resto.

La estrategia industrial japonesa se remonta al final de los años cincuenta y principio de los sesenta. En ese momento, y merced a una serie de estudios que hoy denominaríamos prospectivos, se determinaron cuatro sectores estratégicos para Japón. Estos sectores fueron:

- Industria pesada: acero, naval, cemento, química, petroquímica, fibras sintéticas y aluminio.
- Sectores protegidos: agricultura y distribución de productos.
- Sectores públicos: NTT, JAL ...
- Sector de la producción: electrónica, automóvil y robótica.

---

<sup>7</sup>Parte de la información presentada aquí está tomada de: J.A. Martín Pereda, L. Castañer, L. Vázquez y B. Presmanes, "Análisis de métodos de Prospectiva y su aplicación internacional". Gabinete de Prospectiva. ANEP. PRO-D-1-95. Febrero, 1995.

<sup>8</sup>Parte de este apartado se basa en el Documento BPA-(04-95) del Gabinete de Prospectiva de la ANEP.

Como puede apreciarse, en ellos se ha basado el posterior desarrollo tecnológico de Japón, los cuales dieron la base para asentar, de manera clara, la importancia de este tipo de análisis como etapa previa al diseño de cualquier política tecnológica.

Derivado de los beneficios obtenidos de la anterior estrategia se llegó a la conveniencia de mantener, de forma constante, un organismo que realizara ejercicios como los anteriores. Y así, los estudios de PT, desde un punto de vista ya estructurado, se remontan a 1971, año en el que se creó la Agencia Gubernamental Japonesa de Ciencia y Tecnología ("STA"). Posteriormente, en 1988, y con el fin de reforzarla, se creó el NISTEP ("National Institute of Science and Technology Policy"), Instituto de Investigación adscrito a dicha Agencia. Desde ese año, y con intervalos de cinco, se realizan de forma periódica estudios de PT que muestran las nuevas tendencias y direcciones en la Innovación al tiempo que proporcionan las bases necesarias para la planificación en Ciencia y Tecnología del Gobierno. Así mismo, estos estudios aportan a las empresas privadas los datos necesarios para que también puedan efectuar sus previsiones.

La base de su desarrollo es la realización de un Delphi cuya función no es la de aportar una visión particular de un tema, ni está dirigido a ningún organismo o actividad concreta, sino que pretende dar una visión global de las tendencias futuras en Ciencia y Tecnología que pueda servir de apoyo a la planificación, tanto nacional como empresarial.

El número de áreas tecnológicas que han sido estudiadas en cada Delphi, desde 1971 hasta 1991, ha ido variando según los años, así como el número de tecnologías incorporadas. En todos, el intervalo temporal fue de 30 años. El resumen de los cinco Delphis aparece en la Tabla IV.

Por lo que respecta al V Delphi, y sin entrar en muchos detalles de su desarrollo, podemos apuntar que las fases que siguió fueron las siguientes:

- Creación de un Comité de Prospectiva formado por 30 expertos de diferentes campos de la Tecnología. Este Comité seleccionó el número y las áreas tecnológicas a estudiar. El número final fue de 16.
- El Comité designó 13 Subcomités compuestos por expertos, en un número comprendido entre 5 y 10. Estos Subcomités prepararon los temas que consideraron constituían la esencia del progreso tecnológico en las áreas seleccionadas.
- Se seleccionaron por los Subcomités, finalmente, 1.149 temas.
- Se diseñaron los cuestionarios. Su estructura fue la misma para todas las áreas.

**TABLA IV: ESTUDIOS DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA REALIZADOS EN JAPÓN**

DELPHI	Año	Áreas Tecnológicas	Tecnologías estudiadas	Cobertura (30 años)	Respuestas
I	1.971	5	644	2.000	2.482
II	1.976	7	656	2.005	1.316
III	1.981	13	800	2.010	1.727
IV	1.986	17	1.071	2.015	2.007
V	1.991	16	1.149	2.020	2.385

- En cada cuestionario se incluyeron los siguientes aspectos:
  - . Grado de importancia
  - . Momento en el que la tecnología estará disponible
  - . Necesidad o no de cooperación internacional
  - . Comparación del nivel de Japón con respecto a otros países
  - . Limitaciones para su desarrollo
- Una vez confeccionados los cuestionarios se determinó el grado de experiencia de los encuestados y el carácter que debían tener los mismos.
- Finalmente se seleccionaron, por parte de los Subcomités, los expertos a los que se iba a dirigir el cuestionario, atendiendo a que existiese un equilibrio lo más alto posible entre representantes del mundo académico, del industrial y del Gobierno.

Las áreas tecnológicas seleccionadas para este estudio fueron las que aparecen en la Tabla VI.

**TABLA VI: ÁREAS SELECCIONADAS PARA EL ESTUDIO DEL DELPHI JAPONÉS DE 1991**

	Área Tecnológica	Nº Temas
1	Materiales	108
2	Electrónica y Tecnologías de la Información	106
3	Ciencias de la Vida	98
4	Espacio exterior	46
5	Física de partículas elementales	40
6	Ciencias de la Tierra y el Mar	82
7	Recursos minerales e hidrológicos	39

8	Energía	51
9	Medio Ambiente	50
10	Agricultura, pesca y recursos forestales	74
11	Producción	72
12	Urbanismo y construcción	65
13	Transporte	62
14	Medicina y salud	109
15	Ocio y cultura	82
16	Comunicaciones	65

#### 4.3.- REINO UNIDO

El primer Programa Nacional de Prospectiva fue iniciado en 1.993, habiendo sido publicados sus resultados en 1995<sup>9</sup>. El organismo encargado de su realización ha sido la Office of Science and Technology, OST, ayudado por diferentes ministerios, centros de investigación públicos y privados, así como otras organizaciones privadas. La OST se creó en 1992 a partir de estructuras del Ministerio de Educación y del Gabinete del Primer Ministro, siendo su misión fundamental la de desarrollar y coordinar la política científica y tecnológica nacional e internacional del Reino Unido.

El estudio desarrollado constó de las siguientes fases:

- Junio 1993 - Inicio 1994. Designación de un Comité de Dirección, nombrado por el Ministro de Educación y Ciencia, con el encargo de determinar las áreas de ciencia y tecnología que iban a ser analizadas, así como seleccionar los expertos que serían posteriormente involucrados en el proceso.
- 1994. El año entero se dedicó al estudio prospectivo. Se examinaron 15 áreas, que en total sumaban 1.207 sectores, analizándose su posible evolución en un período comprendido entre 15 y 20 años. Estos sectores reflejaban, en la mayor parte de los casos, una orientación claramente dirigida hacia el mercado, estando un 50 % de ellos relacionados con la forma de alcanzar amplios mercados, un 20 % hacía referencia a un primer uso de un servicio o un producto innovador, un 15 % se interesaba por la fase de desarrollo, y tan solo un 2% incidía sobre cuestiones de tipo básico, como fenómenos o principios físicos.

---

<sup>9</sup>D. Loveridge, L. Georghiou y M. Nedeva, "United Kingdom Technology Foresight Programme. Delphi Survey". Crown. Manchester. 1995.

En la primera ronda se recibieron un total de 2.585 contestaciones, lo que suponía el 31% de los cuestionarios enviados. El resumen de esta ronda volvió a remitirse a los que habían mostrado interés con el tema, indicándoles la posibilidad de modificar sus respuestas. En este caso, el 41% de los encuestados accedió a esta nueva fase. En paralelo, y desde un punto de vista más regional, se efectuaron sesiones de trabajo de las que se obtuvieron 375 respuestas. El total de ambos procesos, cuestionarios más sesiones de trabajo, fueron la base para el posterior análisis.

De cada uno de los sectores se responsabilizó en su análisis a un panel de expertos, cuyo número variaba entre 15 y 20. El número inicial de personas de que disponía el banco de datos de la OST estaba próximo a 7.000, lo que implica un amplio abanico de puntos de vista. Como ya se ha dicho, a la primera ronda solo respondieron 2.585 de ellos.

Para la identificación de los sectores a analizar, la base de partida no fue el trabajo previo realizado en Japón, aunque en muchos casos los temas coincidían, sino un estudio más orientado a las condiciones del Reino Unido. Un conjunto de paneles fue el que determinó estas líneas y elaboró un primer cuestionario, remitido a entre 50 y 80 expertos por panel, en el que algunas de las preguntas que se hacían eran las siguientes:

- Dar cuatro líneas o tendencias, así como sus causas, que puedan tener incidencia en el sector considerado, hasta el año 2.015.
- Identificar posibles oportunidades de mercado entre las líneas o tendencias anteriores.
- Identificar nuevos productos, procesos y/o servicios basados en los anteriores puntos que puedan ser objetivo de futuros mercados.
- Identificar qué tecnologías, avances científicos o innovaciones serían precisas para conseguir lo anterior.

Del conjunto de todo ello se elaboró el primer cuestionario para la primera ronda del Delphi.

Las grandes áreas analizadas aparecen en la Tabla VII. En ella se muestra, asimismo, la situación en la que, según las respuestas recibidas, se encuentran los sectores incluidos en cada una de ellas. Así, por ejemplo, en el caso de la "Salud y Ciencias de la Vida", aparecen 10 sectores que todavía se encuentra en una fase Inicial (IN), 5 están en fase de Desarrollo (DE), 17 en la de Uso incipiente (UI), 39 en Uso Extendido o Generalizado (UE) y 9 en Otras situaciones (OT). El total de sectores analizados fue así, en este caso concreto, de 80.

**TABLA VII: ÁREAS ANALIZADAS EN EL ESTUDIO REALIZADO  
EN GRAN BRETAÑA**

ÁREA TECNOLÓGICA	IN	DE	UI	UE	OT	Tot
Agricultura, Recursos Naturales y Medio Ambiente	1	42	29	31	10	113
Productos químicos	2	24	14	33	7	80
Comunicaciones	0	2	4	68	6	80
Construcción	0	8	6	41	25	80
Defensa y Sector Aeroespacial	0	24	39	22	1	86
Energía	1	8	26	43	2	80
Servicios Financieros	0	8	4	35	21	68
Alimentación	6	9	7	24	27	73
Salud y Ciencia de la Vida	10	5	17	39	9	80
Tecnologías de la Información y Electrónica	0	1	8	60	11	80
Educación y Ocio	0	6	17	42	5	70
Tecnologías de la Producción	0	6	30	40	6	82
Materiales	0	32	19	25	4	80
Venta y Distribución	0	1	5	49	25	80
Transporte	0	2	21	50	2	75
TOTAL	20	178	246	602	161	1207

El resultado del Delphi fue hecho público en 1995, divulgándose sus resultados a industrias, entornos académicos, organismos estatales y otros sectores involucrados en temas relacionados con las tecnologías estudiadas.

#### **4.4.- ESTADOS UNIDOS**

Los estudios realizados en USA en este campo se han centrado, preferentemente, en el análisis e identificación de "tecnologías críticas" para los próximos años. Estas tecnologías críticas son las que se consideran esenciales para mantener y mejorar la competitividad industrial, el crecimiento económico, la creación de puestos de trabajo y una mejor calidad de vida. En 1991, el primer Panel Nacional de Tecnologías Críticas presentó la lista de las 22 tecnologías que consideraba esenciales para lograr los antedichos fines. En grandes bloques, estas tecnologías se centran en los siguientes

grupos: Materiales. Producción. Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Biotecnología y Ciencias de la Vida. Aeronáutica. Transporte por superficie. Energía. Medio Ambiente.

Dado el carácter de los análisis que se llevan a cabo en USA, y que en cierta manera se salen de la orientación que aquí se ha adoptado, no dedicaremos más espacio a este país, aunque los resultados sean muy análogos a los obtenidos en otros estudios.

#### **4.5.- HOLANDA<sup>10</sup>**

Las actividades de PT se iniciaron en Holanda en 1989 por parte del Ministerio de Asuntos Económicos, responsable en ese país de la coordinación de la Política Tecnológica. Por otro lado, el Ministerio de Educación y Ciencia, responsable de la Política Científica, inició actividades equivalentes en su campo en 1986, de acuerdo con la planificación bianual que lleva a cabo. En 1991, el Gobierno decide la creación de OCV ("Overlegcommissie verkenningen"), Comité de Prospectiva, y con él la decisión de mantener un ejercicio continuado y sistemático en este tipo de estudios. De acuerdo con esta diferenciación de acciones, aparecen dos tipos de Prospectiva muy diferenciadas: la Científica y la Tecnológica. La primera dependiente del Ministerio de Educación y Ciencia, a través del OCV y la segunda, coordinada por el Ministerio de Asuntos Económicos.

La misión del OCV es la de organizar y supervisar las actividades de Prospectiva Científica a través del consenso con los diferentes participantes con un análisis de la posible oferta y la previsible demanda bajo una perspectiva internacional. Igualmente se encarga de elaborar estudios sectoriales demandados por distintas instituciones, de confeccionar informes finales con conclusiones, propuestas y recomendaciones que son remitidas al Parlamento y, finalmente, de impulsar y supervisar las actividades de Prospectiva en organismos de investigación, tanto públicos como privados.

El método de trabajo no se basa, como en el caso japonés o el británico, en la realización de un Delphi, sino que se apoya en comités creados expresamente para el tema considerado. La selección del mismo es, o bien por iniciativa propia, o bien bajo demanda del Parlamento u otra institución estatal.

La primera etapa consiste en la elaboración de un documento base que se denomina "Notas introductorias" y en el que se recogen todos los antecedentes y la información relevante disponible. Tras su estudio y, en ocasiones, la celebración de seminarios para su discusión, se determina si se inicia la siguiente fase. Esta consiste en la determinación, por parte del OCV, de las bases del estudio, de quién debe participar en

---

<sup>10</sup>Parte de este apartado se basa en el Documento BPA-(04-95) de la ANEP.



él y las especificaciones técnicas para su realización. Finalmente se procede ya al estudio sectorial.

Este estudio sectorial está compuesto de las siguientes partes:

- Análisis de la situación presente y tendencias de futuro. Situación de Holanda en dicha disciplina. Tendencias científicas y sociales.
- Definición de escenarios sectoriales por disciplinas. Estos escenarios contemplan los tres niveles posibles: mundial, europeo y nacional.
- Formulación de opciones y propuestas.

Por lo que se refiere a la Prospectiva Tecnológica, es gestionada por un Comité de Gestión Permanente de alto nivel formado por los Directores de los departamentos involucrados en este tema del Ministerio de Asuntos Económicos, más tres consultores externos. Su metodología de trabajo es la siguiente:

- En una primera fase se elabora una lista de tecnologías emergentes, para 75 áreas, normalmente definidas por un consultor externo y siguiendo las experiencias de otros países como USA, Alemania, Japón y Gran Bretaña. Esta lista es analizada por expertos del propio Ministerio, por empresas, tanto de producción como de servicios, y por institutos de investigación, que dan sus opiniones. Las bases para las opiniones emitidas deben guiarse por su importancia económica, por el potencial innovador, por su madurez y aplicación potencial y, finalmente, por su accesibilidad por parte de los sectores correspondientes holandeses. El último punto a analizar es el de su relevancia para la pequeña y mediana empresa. De acuerdo con los resultados, se seleccionan aquellas tecnologías en las que procede realizar un estudio en mayor profundidad.
- La segunda fase es la de la elaboración de un estudio pormenorizado de las tecnologías seleccionadas. Este estudio lo lleva a cabo un consultor externo independiente y ha de identificar la posición de Holanda con relación a otros países, así como los posibles actores en el desarrollo de la tecnología, las debilidades que puede tener el sistema Ciencia-Tecnología holandés para llevarla a cabo y las oportunidades de dicha tecnología y cómo puede ser desarrollada. Los resultados son analizados por un Comité de unas 10 personas pertenecientes a segmentos relacionados con la misma.
- En una tercera fase se presentan los resultados en una Conferencia a la que asisten unas 100 personas de todos los sectores potencialmente involucrados. Además de exponer los resultados, se analizan los mismos y se contrastan con las opiniones de los asistentes.
- La última fase es la de aplicación de las conclusiones.

Los estudios realizados hasta el presente, desde 1990, se han centrado en seis campos: Mecatrónica, Adhesivos, Tarjetas Inteligentes, Materiales Compuestos, Procesado de señales y Tecnologías para la separación de productos.

#### 4.6.- ALEMANIA<sup>11</sup>

La década de los 80 determinó en Alemania, entre otras cosas, un fuerte incremento del interés por estudios de Prospectiva Tecnológica y, ya en los 90, y como resultado de la reunificación, se consolidaron de manera completa. El organismo encargado de llevarlos a cabo ha sido, en la mayor parte de los casos, el Fraunhofer Institute für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI), por encargo del Ministerio Federal de Investigación y Tecnología (BMFT).

El trabajo se dividió en tres horizontes perfectamente delimitados. Uno primero, a corto plazo, abarcaba tan solo los próximos 5 años. El segundo, a medio plazo, alcanzó 10 años y, finalmente, el a largo plazo alcanzó un horizonte de entre 20 y 30 años.

Para el primer horizonte, el que cubría los próximos 5 años, la única herramienta adoptada fue la del análisis de patentes y la pregunta básica a la que se trató de responder fue la de cómo la productividad tecnológica se relaciona con las cuotas de mercado. Uno de los principales resultados obtenidos de este estudio fue el de que esta técnica tenía mayor o menor validez dependiendo del sector objeto de análisis. Entre los sectores para los que parece que su utilidad es menor se encuentran los de comunicaciones y espacio, mientras que en los que sí parece que pueden tener más validez los resultados es en aquellos en los que existe un mercado relativamente abierto, hecho este que no ocurre en los sectores anteriores. Algo similar, en lo que se refiere a la incertidumbre de los resultados, puede decirse de aquellos otros sectores en los que existe un desfase apreciable entre la presentación de la patente y su introducción en el mercado.

Por lo que se refiere a la perspectiva a medio plazo, 10 años, la base tomada fue la de confeccionar árboles de relevancia, identificando los problemas existentes y las posibles necesidades futuras, así como las tecnologías que son capaces de solventarlas. En el estudio realizado, se elaboró una primera lista de 100 tecnologías clave con las que se estructuró el conjunto de relaciones horizontales entre ellas, otro de relaciones jerárquicas de subcampos con los principales y, finalmente, las condiciones previas y las posibles aplicaciones. En cada tecnología se analizó su situación con respecto a las ocho fases existentes entre la investigación y el desarrollo y que habían sido definidas previamente<sup>12</sup>.

---

<sup>11</sup>Parte de este apartado se basa en el documento BPA-(05-95) de la ANEP.

<sup>12</sup>Las ocho fases son: investigación básica, investigación estratégica orientada, desarrollo y primeros resultados técnicos, transferencia de resultados, estancamiento temporal y reorientaciones, identificación de nuevas oportunidades, primeras aplicaciones comerciales y difusión y amplia penetración en el mercado.

El horizonte a más largo plazo, entre 20 y 30 años, se basó en la realización de un Delphi totalmente análogo al realizado por Japón. De hecho su realización fue casi paralela a la del de éste publicándose simultáneamente ambas versiones para evitar influencias mutuas. Dada la escasa experiencia alemana de una prospectiva basada en este método, la referencia japonesa resultó obligada y por ello la metodología fue idéntica. En el caso alemán, se emplearon unos 3.354 expertos, siendo el nivel de respuestas en la primera ronda de un 30 %. Un número tan bajo, comparado con el de Japón, parece debido a que en este último país ya se tiene una selección inicial de expertos, basada en los anteriores Delphis, con lo que la tasa de absentismo es menor. Los expertos seleccionados pertenecían a la universidad, a la industria y a laboratorios públicos e instituciones sin ánimo de lucro, en números aproximadamente iguales. El número de preguntas realizadas era casi igual al del Delphi japonés, 1.146, salvo tres que carecían de sentido en Alemania. De hecho, la mayor parte eran idénticas en ambos Delphis.

La comparación entre los resultados de ambos estudios se publicó en un documento<sup>13</sup> en el que se analizaron las coincidencias y las discrepancias, así como otros aspectos de tipo sociológico que hicieron que las respuestas obtenidas en uno y otro país fueran en apariencia diferentes. Es de señalar que una de las principales dificultades con las que se encontraron los responsables del Delphi realizado en Alemania fue el de la traducción del idioma japonés al alemán, no por el idioma en sí, sino por esos aspectos de carácter sociológico.

#### **4.7.- AUSTRALIA**

El organismo responsable en este país de los temas de PT es el ASTEC ("Australian Science and Technology Council"). Fue creado en 1979 y asesora al Gobierno en las decisiones de Política Científica y Tecnológica, así como a universidades y empresas privadas. Ha finalizado un estudio denominado "Matching Science and Technology to Future Needs", con un horizonte de 15 años. Los objetivos que ha planteado son los siguientes:

- Posibles cambios de tipo político y social a escala nacional y mundial
- Futuras necesidades y oportunidades para Australia derivadas del empleo de Ciencia y Tecnología en diferentes sectores
- Realizaciones de otros países para acomodarlas a los objetivos australianos

Este estudio ha sido hecho, esencialmente, a través de organizaciones independientes y colaboraciones de ASTEC con otras instituciones.

---

<sup>13</sup>"Outlook for Japanese and German Future Technology - Comparing Japanese and German Technology Forecast Surveys". NISTEP & ISI. NISTEP Report No. 33. April, 1994.

#### 4.8.- FRANCIA

A finales de 1993 se aprobó la realización de un estudio de PT mediante el método Delphi, que fue coordinado por los Ministerios de Educación Superior e Investigación y el de Defensa y coordinado por un Comité de Seguimiento designado específicamente para tal misión. Este Comité fue el encargado de seleccionar las tecnologías objeto de estudio así como de la definición de los criterios por los que debía realizarse el Delphi. Los principales resultados que se trataron de conseguir fueron los siguientes:

- ¿Qué tecnologías son importantes para la industria nacional francesa?
- ¿Cuál es la posición francesa, e indirectamente europea, en estas tecnologías?
- ¿Qué esfuerzos deben llevarse a cabo para mejorar la posición, a nivel mundial, de las mismas?

El horizonte temporal que se planteó fue, dependiendo del sector, de entre 5 y 10 años y la perspectiva para su análisis fue doble: estudiar qué tecnologías era necesario desarrollar para alcanzar determinados mercados y ver qué tecnologías podrían surgir en los próximos años, que fueran determinantes para el futuro desarrollo industrial.

El Comité designó a una serie de expertos que realizaron un inventario de las tecnologías más significativas para cada uno de los 10 subgrupos científico-tecnológicos formados. Cada uno de ellos estuvo compuesto por entre 15 y 20 personas escogidas tanto del entorno académico como del industrial. Estas tecnologías, una vez estudiadas por el Comité de Seguimiento, pasaron a formar parte de la lista definitiva de tecnologías objeto de estudio. Los criterios para su elección fueron, entre otros de menor entidad:

- Los mercados de referencia actuales y potenciales
- El impacto sobre el comercio exterior
- La aceptabilidad o la demanda social y cultural
- La posición competitiva de los productos
- La vulnerabilidad y los riesgos de dependencia industrial
- La contribución a las necesidades nacionales, centradas esencialmente en los sectores estratégicos de Defensa, Energía, Medio Ambiente, Salud y Cultura
- La articulación de la industria nacional
- La capacidad de difusión de la industria francesa
- Finalmente, y como criterio global de priorización, se consideró el impacto global sobre la competitividad.

En total se consideraron 105 tecnologías, de las cuales casi la mitad se localizaron en los sectores de Salud y Biotecnología, 22, y en el de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 32.

La realización práctica del Delphi se encargó a una empresa privada que utilizó las opiniones de unos 4.300 expertos y abarcando un número aproximado de 1.000 temas científico-técnicos agrupados en 15 áreas.

Resulta significativo hacer referencia aquí a los factores que se consideraron clave para alcanzar éxito en un sector. Estos factores fueron:

- Voluntad expresa de los componentes del mismo
- Posibilidad de alianzas entre ellos
- Existencia de un líder
- Sensibilidad de los poderes públicos
- Alto grado de aceptabilidad social

Finalmente, y como conclusiones generales, aparte de las propias que determinan en qué sectores se encuentra Francia en una posición ventajosa y en cuáles en desventaja, se señala la importancia de los siguientes aspectos:

- Necesidad de un esfuerzo constante en I+D
- Promoción de la difusión de los resultados
- Sensibilización de la opinión pública
- Necesidad de iniciativas industriales
- Desarrollo autónomo de determinados sectores

#### **4.9.- UNIÓN EUROPEA**

El Instituto de Estudios de Prospectiva Tecnológica, creado como parte de los Joint Research Centers de la UE, tiene su sede en Sevilla desde 1993. Desde su creación, en 1989 hasta esa fecha, ha centrado su actividades en los siguientes campos:

- Energía por Fusión
- Transporte (trenes de alta velocidad)
- Espacio y Medio Ambiente.

En todos ellos ha realizado una serie de seminarios con participación internacional. Las áreas prioritarias del instituto son:

- Crecimiento, competitividad y empleo
- Energía, medio ambiente y empleo
- Transporte
- Energías renovables
- Energía - recursos hidrológicos - empleo.

Como puede apreciarse, el objetivo primordial se diferencia de los anteriores estudios presentados en el sentido de que no son aquí las tecnologías a emplear en los próximos años la raíz de los estudios, sino cómo esas tecnologías pueden repercutir sobre conceptos sociales, como por ejemplo, el empleo o la competitividad de las empresas.

Dada la fecha de su instalación en España, aún parece un poco pronto para que haya podido alcanzar resultados en cierta forma significativos.

#### **4.10.- COMPARACIÓN DE LOS TEMAS ANALIZADOS POR DIFERENTES PAÍSES**

Unicamente, como resumen final de los apartados anteriores, parece oportuno sintetizar en un cuadro cuáles han sido las tecnologías estudiadas en los diferentes países, y sobre todo, en los más importantes. Como puede verse, en casi todos ellos aparecen las mismas y, si se analizara con un mayor detalle, se vería que los subsectores son también muy semejantes. Este hecho no debe, en modo alguno, sorprender, ya que los principales estados basan su desarrollo en unos entornos tecnológicos y en unas tecnologías que son, aproximadamente, las mismas a nivel mundial.

Este hecho ha de ser muy tenido en cuenta por los países de nivel medio, como España, ya que implica el tener precondicionadas unas líneas y unas políticas. Pero este es otro tema que requiere una mayor atención y que por ello no va a ser tratado aquí.

**TABLA VIII: COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS ANALIZADAS EN ALGUNOS PAÍSES**

<b>TECNOLOGÍAS ESTUDIADAS</b>	<b>UE</b>	<b>USA</b>	<b>ALEM</b>	<b>JAP</b>
Recursos minerales e hidrogeológicos				X
Materiales avanzados	X	X	X	
Polímeros	X			
Superconductores	X	X		
Dispositivos semiconductores avanzados	X	X		
Tratamiento de imágenes	X	X		
Memorias de alta densidad	X	X		
Supercomputación	X	X		
Software	X		X	

Optoelectrónica y Fotónica	X	X	X	
Inteligencia artificial	X	X		
Fabricación asistida por ordenador	X	X	X	
Sensores	X	X		
Biotecnología	X	X	X	
Dispositivos biomédicos y de diagnóstico	X	X		
Nanotecnología			X	
Microelectrónica			X	
Microsistemas			X	
Electrónica molecular			X	
Información y Electrónica				X
Partículas elementales				X
Ciencias del Mar y de la Tierra				X
Ciencias de la Vida				X

## **CAPÍTULO V.- DATOS SOBRE PROSPECTIVA EN ESPAÑA**

### **5.1.- INTRODUCCIÓN**

La PT en España ha seguido, desde sus inicios, una trayectoria que podría denominarse irregular. Se la ha tenido en cuenta de manera casi constante, en la forma que luego veremos, en muchas de las etapas iniciales que han ido configurando las sucesivas políticas de Ciencia y Tecnología desarrolladas. Pero su uso reiterado y, lo que es más importante, el empleo de una metodología establecida que se fuera perfeccionando año tras año, no ha sido la norma habitual.

La razón de lo anterior es que no ha existido, al menos en los entornos de las diferentes administraciones del Estado, tanto nacionales como autonómicas, una estructura que tuviera a la Prospectiva como su único fin. El primer paso significativo que se dio fue la creación, tras la aprobación de La Ley de Fomento y Coordinación de la Investigación Científica y Técnica, conocida como Ley de la Ciencia, de una Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva, la ANEP, dependiente de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología, que incluyó como parte de su nombre esa "P" que jamás había aparecido hasta entonces en ninguna institución pública. Ese paso, aunque tímido, significó la intención política de llevar al funcionamiento de los organismos encargados de las diferentes etapas y las posibles planificaciones de la I+D una cierta estructura que soportara lo que en otros lugares era ya un hecho asentado. Las prioridades del Sistema Ciencia y Tecnología en aquel momento, que imponían conocer en primer lugar cuáles eran las bases sobre las que se podía asentar el mismo, así como la calidad y la capacidad de grupos, instituciones e infraestructuras, determinó que las tareas más significativas se dirigieran hacia la Evaluación. Con ello, la Prospectiva quedó un tanto relegada a un segundo plano y por ello el establecimiento de una metodología y un trabajo continuo en este campo quedó postergado para otra ocasión.

### **5.2.- PRIMEROS TRABAJOS DE PROSPECTIVA**

Casi coincidiendo con la aprobación de la Ley de la Ciencia, se iniciaron una serie de estudios en determinados campos de la Ciencia y la Tecnología destinados a conocer cuál era la situación de España en ellos. En la mayor parte de los casos se trató de análisis, más o menos pormenorizados, de la situación del correspondiente sector, tanto en lo que se refería a su potencial de investigación, como a las realizaciones más significativas que se hubieran llevado a cabo en los últimos años. Se profundizó en los grupos existentes y en sus infraestructuras. Estos estudios fueron coordinados por el Gabinete de Estudios de la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica, CAICYT, del Ministerio de Educación y Ciencia, y en ellos participaron un gran número



de especialistas en cada uno de los temas considerados como prioritarios. Algunos de ellos aparecen en la Tabla IX.

**TABLA IX: ALGUNAS ACTIVIDADES EN EL CAMPO DE LA PROSPECTIVA EN ESPAÑA, HASTA 1987**

AÑO	TÍTULO	AUTOR	MÉTODO
1985	Tendencias actuales en Química	CAICYT - CSIC	Seminario
1987	Prospectiva en producción Animal	CAICYT - CSIC	Encuentros UIMP
1987	El futuro de la gestión de los recursos naturales en España	FAST - CSIC	Seminario
1987	Prospectiva en Física	ANEP - CSIC	Estudio Bibliométrico y Económico
1987	Prospectiva en Oceanografía	CAICYT - CSIC	Encuentros UIMP
1987	Comunidad Científica en las tecnologías de la Información (2 vols.)	FUNDESCO - CSIC	Estudio de tendencias y encuesta
1988	Tendencias en Historia	ANEP - CSIC	Encuentros UIMP

Como puede apreciarse, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas fue, en todos los casos, uno de los participantes en los trabajos. A partir del año 1988, y tras la creación de la Secretaría General del Plan Nacional de I+D y de la ANEP ésta última tomó el lugar que previamente había estado asignado al antedicho Gabinete de Estudios de la CAICYT.

Aunque la importancia de los anteriores documentos no puede por menos de ser resaltada, no pueden considerarse claramente estudios de Prospectiva, al menos con el sentido que aquí se ha dado a dicha palabra. No estaban planteados los posibles caminos que los sectores estudiados podían seguir en el futuro y mucho menos se intentaba ofrecer una panorámica de cuál podía ser la situación de los mismos al cabo de un período de tiempo suficientemente largo.

Por otra parte, en el intervalo de tiempo comprendido entre 1985 y 1988 se efectuó también otro trabajo que, aunque no respondió en ningún momento a la intención de realizar una tarea prospectiva, sí podría acercarse a lo que se entiende por tal. La Ley de la Ciencia determinó la puesta en marcha de un primer Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, para cuya configuración se establecieron una serie de grupos de trabajo que, durante ese tiempo, se dedicaron a establecer las líneas prioritarias que deberían seguir los diferentes Programas Nacionales. Para ello se volvieron a analizar los diferentes sectores tomados, sus potencialidades y cuáles podían ser los segmentos de mayor incidencia futura, tanto en los centros de I+D, como en las

industrias. De cada uno de los potenciales Programas Nacionales se editó, con carácter restringido, un volumen en el que se recogían los datos recolectados, los estudios efectuados y cuáles podían ser las líneas preferentes para el futuro. Estos trabajos, de los que solo se hizo una edición muy limitada destinada a los diferentes miembros de la CICYT, constituyen así la segunda serie de estudios con un cierto contenido de Prospectiva realizados por la Administración española.

Dentro de este mismo carácter, es preciso señalar también otras dos obras. La primera, *"Nuevas Tecnologías, Economía y Sociedad en España"*<sup>14</sup>, es el resultado de un informe elaborado para el Gabinete de la Presidencia del Gobierno en 1986, y en el que se analizan, como su nombre indica, las principales tecnologías con previsible impacto en el desarrollo futuro de nuestro país y sus posibles repercusiones económicas sobre la sociedad, en general, y sobre la Industria y los Servicios, en particular. Con este trabajo, así como con los estudios anteriormente citados, puede considerarse que se asentaron las bases para la confección del Primer Plan Nacional de I+D y, por tanto, de la política científico-tecnológica española desde entonces.

El segundo estudio que es preciso también mencionar es *"Ciencia, tecnología e industria en España. Situación y perspectivas"*<sup>15</sup>. Este libro fue el resultado de los documentos, análisis y conclusiones del II Seminario de Buitrago sobre Nuevas Tecnologías, que se celebró en la Estación Terrena de Comunicaciones por Satélite de Buitrago de Lozoya, Madrid, los días 7, 8 y 9 de Marzo de 1991. Contiene una serie de artículos redactados por especialistas en los correspondientes campos, con una orientación análoga en cierta forma a la de la obra anterior. La diferencia esencial con aquella estriba en que los datos analizados aquí proceden de los dos años posteriores a la implantación del Primer Plan Nacional de I+D y, en consecuencia, se podía determinar en parte cuál había sido el impacto de la política adoptada en el año 1987.

Ningún otro estudio equivalente, salvo los datos y análisis que aparecen en las Memorias anuales de resultados del Primer Plan Nacional, con las correspondientes revisiones del mismo, así como las de los siguientes Segundo y Tercer Plan Nacional de I+D, ha vuelto a realizarse de manera sistemática en la Administración española, al menos desde un punto global. Distintos departamentos ministeriales han llevado a cabo estudios sectoriales realizados con el objetivo de determinar sus políticas para los próximos años. En la mayor parte de los casos, estos estudios han sido realizados por expertos de los correspondientes departamentos y, en algunas ocasiones, por asesorías externas. Dado el carácter de estos trabajos, que no guardan una relación directa con el concepto de Prospectiva aquí desarrollado, no van a ser detallados en este trabajo.

---

<sup>14</sup> M. Castells, A. Barrera, P. Casal, C. Castaño, P. Escario, J. Melero y J. Nadal, *"Nuevas Tecnologías, Economía y Sociedad en España"* (2 vols). Alianza Editorial. 1986.

<sup>15</sup> *"Ciencia, tecnología e industria en España. Situación y perspectivas"*. Eds.: R. Dorado, J. Rojo, E. Triana y F. Martínez". Los libros de Fundesco. FUNDESCO. 1991.

### 5.3.- ACTIVIDADES EN PROSPECTIVA DESDE 1994

Vista la necesidad de establecer un pequeño núcleo que actuase como embrión de un futuro trabajo de carácter global en PT, en 1995 se creó en la ANEP un Gabinete de Prospectiva que iniciara las bases para estructurar una metodología propia para nuestro país en este campo. Para ello se nombraron dos coordinadores que, conjuntamente con una muy pequeña parte del personal de plantilla de la misma, planificaran unos primeros estudios comparativos de lo que se hacía en otros países y planteasen posibles estrategias para el nuestro.

Una de las bases de partida fue la de, a la vista de la escasa experiencia existente entre los expertos españoles en estos temas, plantear dos enfoques diferentes de análisis prospectivo y ver cuál de ellos encontraba mejor respuesta entre los expertos. Estos dos enfoques han tenido, a su vez, dos raíces también por completo diferentes: una raíz más asentada en los objetivos finalistas de la tecnologías y otra en las bases científico-técnicas de las mismas. Las dos líneas seguidas han sido así las siguientes:

- 1.- Estudiar unas determinadas tecnologías, analizar su estado actual, tanto en España como en los países más avanzados, estimar su posible desarrollo con un horizonte aproximado de 5 años y determinar sobre qué sectores específicos podrán incidir con más fuerza.
- 2.- Analizar unos ciertos sectores de aplicación o mercados, ver qué tecnologías emplean en la actualidad y cuál es su cobertura e incidencia. Determinar cuál puede ser su evolución en los próximos años y, en consecuencia, prever qué tipo de tecnologías será necesaria.

Estos dos enfoques pueden así resumirse en dos grandes bloques:

- Análisis desde el mercado o el sector de aplicación, y
- Análisis desde la Tecnología.

En el primer caso, los sectores estudiados fueron "Comunicaciones Móviles"<sup>16</sup> y "Multimedia"<sup>17</sup>, y en el segundo "Óptica"<sup>18</sup> y "Materiales Avanzados"<sup>19</sup>. Los trabajos se llevaron a cabo por grupos reducidos de expertos que, bajo la dirección de un especialista en el tema, prepararon cuatro documentos de carácter general en los que se analizaron aquellos aspectos más significativos de cada uno de ellos. Sin entrar en detalles concretos de los mismos, ya que no es este el momento para hacerlo, solo procede hacer aquí un breve comentario sobre el resultado global de los dos enfoques

---

<sup>16</sup> R. Agustí y O. Sallent, "Estudio del estado actual y Prospectiva de las Comunicaciones Móviles. Análisis Bibliométrico del período 1989-93". ANEP. 1995

<sup>17</sup> CITAM, "Evolución de las tecnologías para Servicios Avanzados Multimedia (SAM)". ANEP. 1995

<sup>18</sup> J.L. Escudero, H. Guerrero, M. Antón y T. Sorozábal, "Prospectiva de la Óptica. Análisis Bibliométrico del período 1987- 95". ANEP. 1995.

<sup>19</sup> J.M. Martínez Duart, "Materiales avanzados". ANEP. 1996.

adoptados. Por razones que no vamos a analizar, parece que el primer método, el del enfoque desde el sector de aplicación, ha sido más fácil de llevar a cabo que el segundo, en contra de lo que en un principio podría haber sido intuitivo. En cualquier caso, el número de estudios realizados es lo suficientemente reducido como para que no deban extraerse conclusiones de carácter general.

Por otra parte, y con esto se entra ya en el año 1996, miembros del Gabinete de PT de la ANEP, con el auxilio de personas ajenas al mismo y en colaboración con COTEC, y gracias a ayudas económicas proporcionadas por la Dirección General de Investigación Científica y Técnica del Ministerio de Educación y Ciencia y la Secretaría General del Plan Nacional de I+D, iniciaron en esa fecha un estudio de PT de mayor envergadura que los anteriores. El esquema aparece en la Fig. 4, en la que se muestran los mecanismos adoptados y las etapas que pretende abarcar. Como puede verse, es una combinación de PT basada en paneles y en el método Delphi. Este estudio inició sus primeras fases pero su estado actual hace que se esté todavía lejos de poder dar de él resultados concretos.

Es preciso mencionar, como última acción relacionada con la Prospectiva, una iniciativa tomada por la ANEP en el año 1994 y que trataba de obtener información sobre la situación de nuestro país en los distintos campos de la Ciencia y la Tecnología<sup>20</sup>. Se aprovechó para ello la etapa de Evaluación de los proyectos presentados a los distintos Programas del Plan Nacional de I+D, tanto los Nacionales como el de Promoción General del Conocimiento<sup>21</sup>. Al mismo tiempo que se remitían a los correspondientes "pares" para que fueran evaluados, se les adjuntaba un breve cuestionario con preguntas referentes a la situación del proyecto a evaluar y el tema del mismo, con respecto al contexto internacional y sus posibles aplicaciones en otros campos diferentes. Se recibieron un total de 2.714 respuestas de las que se extrajeron algunas consecuencias relativas a la opinión de los investigadores con respecto a sus áreas de especialización y las líneas de futuro. Esta iniciativa no ha tenido continuidad a pesar de que podía, con una serie de mejoras, constituir una especie de Delphi particularizado a áreas y temas muy concretos.

---

<sup>20</sup>Cabrera, J.A. y B. Presmanes, "Encuesta de Prospectiva 1995". ANEP. Febrero, 1996.

<sup>21</sup> Este es un Programa Sectorial, dependiente de la Secretaría de Estado de Universidades e Investigación, del MEC, integrado en el Plan Nacional y que tiene un enfoque totalmente horizontal, esto es, sin ningún tipo de línea preferente.

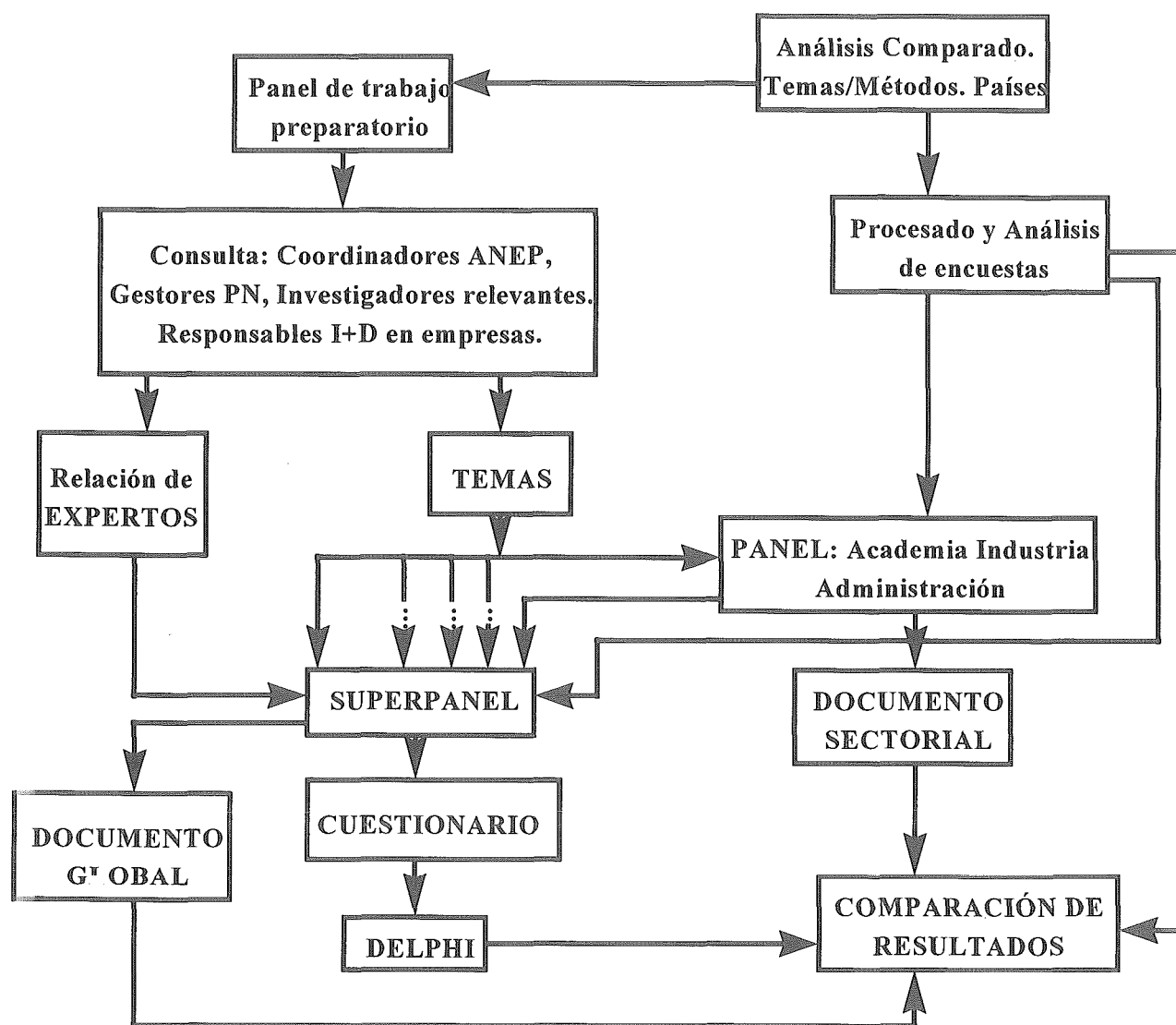


Fig. 4.- Esquema del método adoptado en el proyecto ANEP-COTEC de PT.

## APÉNDICE I: NOTAS SOBRE UNA PROSPECTIVA TECNOLÓGICA BASADA EN LA TEORÍA DE LA COMPLEJIDAD<sup>22</sup>

Es evidente que una teoría completa, del estilo de las comúnmente empleadas en Física, es imposible en Prospectiva. El gran número de parámetros que están presentes en cada momento, las condiciones de contorno, que varían de un instante a otro, y sobre todo, la fuerte carga de subjetividad que tiene lugar en gran parte de las decisiones sobre adoptar un tipo de tecnología u otra, en un momento o en otro, hace prácticamente imposible intentar esbozar una teoría que pueda dar cuenta de algunos de los comportamientos posibles. A pesar de ello, en los últimos años se ha iniciado un movimiento que tiene como fin el asentar las bases para un posible modelo que pueda explicar parte del desarrollo tecnológico. Su raíz se encuentra en la Teoría de la Complejidad y, de la misma manera que en algunos procesos físicos, es imposible saber cuál va a ser el estado final de un sistema si en él se verifican una serie de condiciones. Una teoría equivalente podría ser aplicada aquí con el mismo grado de incertidumbre que se tiene en Física.

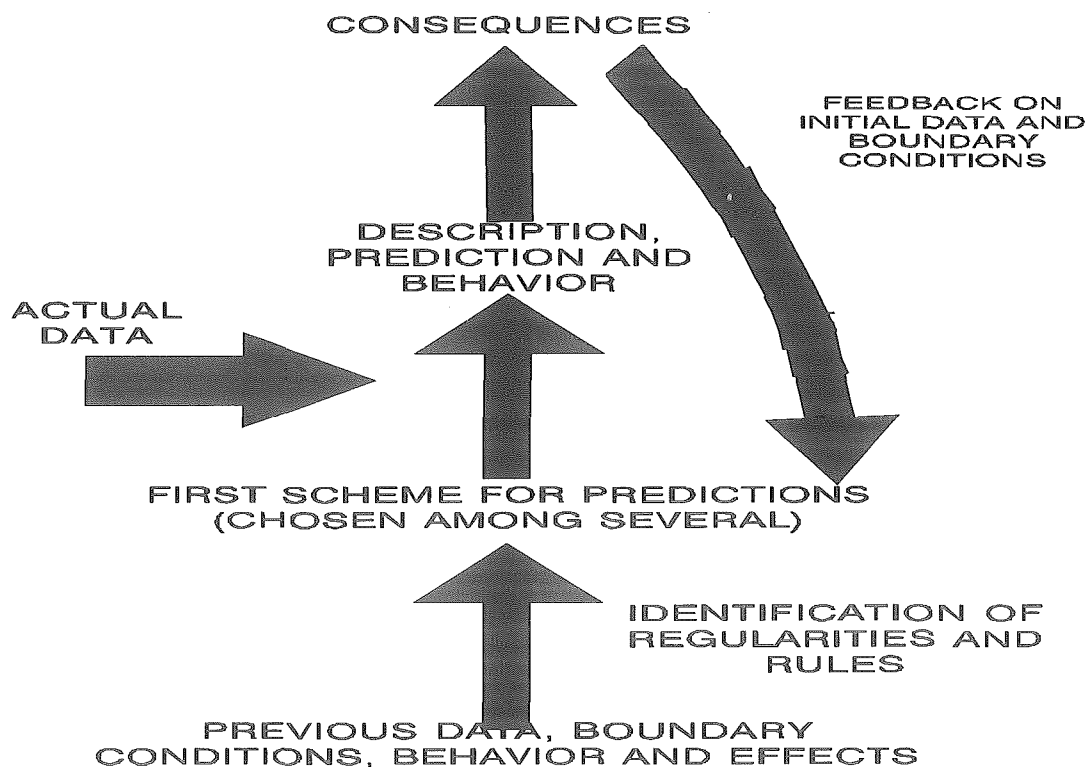


Figura A1.- Sistema realimentado de análisis prospectivo

<sup>22</sup>Basado en: J. A. Martín-Pereda, "Some considerations around technological forecasting in developed and developing countries". El Escorial. 6-8 Diciembre, 1995.

Sin entrar en detalles del posible modelo, únicamente plantearemos la base del mismo que no es otro que un esquema como el que aparece en la Fig. A1. De hecho, esta figura da indicación de algo que se ha comentado varias veces a lo largo de las páginas anteriores. El plantear un modelo de evolución supone, en primer lugar, partir de una serie de condiciones iniciales que determinan el punto de arranque del estudio. Con esa base se articula un primer esquema predictivo, elegido entre varios posibles. Se ve cómo se comporta para un tiempo más o menos corto y se compara con los resultados reales que, en ese mismo intervalo, han tenido lugar en el entorno real considerado. De acuerdo con el grado de acuerdo o de discrepancia se ajusta el modelo a los nuevos datos y se vuelve a realizar la siguiente predicción. Este proceso, para que pueda ser efectivo, es necesario que sea repetido de forma reiterada a lo largo del tiempo. Solo del conocimiento de una larga serie temporal de datos podrá llegarse a extraer algún tipo de conclusión.